

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09139032 A**

(43) Date of publication of application: **27 . 05 . 97**

(51) Int. Cl **G11B 21/08**

(21) Application number: **07299535**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(22) Date of filing: **17 . 11 . 95**

(72) Inventor: **TAKAISHI KAZUHIKO**

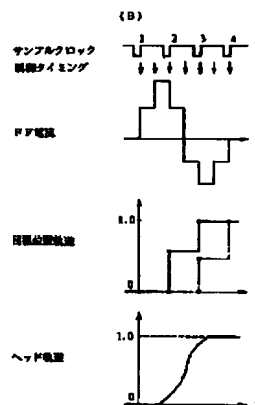
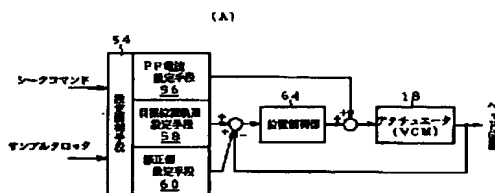
(54) **DISK DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform a short distance seek in the extent of 1-4 tracks by such a short coarse time as several samples for a sector servo provided with a comparatively long sample period of the head position, and also to enable the seek in a short time of 10 samples or less including the setting time.

SOLUTION: FF current by an FF current setting part 56, start of the target position by a position control part 64 and correction value by a correcting value setting part 60 are produced by the time elapsed from the started time of each seek, i.e. by each sample timing with the predetermined number of samples, then the positional feedback control by the difference between the target position and the actual position is performed in the position control part 64 together with the control by the FF current. The coarse time for the seeking distance of one track is set to 3 samples, for instance. By intentionally deviating the orbit of target position from an ideal value, the overshoot and under-shoot are suppressed.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



See U.S. Pat # 5859743

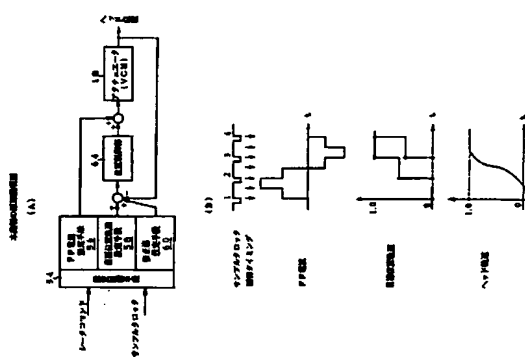
(51) Int. Cl. ⁸	職別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	21/08		G 1 1 B	21/08 E
	審査請求	未請求	請求項の数 3 5	O L (全 5 4 頁)
(21) 出願番号	特願平 7 - 2 9 9 5 3 5		(71) 出願人	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成 7 年 (1995) 11 月 17 日			神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
			(72) 発明者	高石 和彦 神奈川県川崎市中原区上小田中 1015 番地 富士通株式会社内
			(74) 代理人	弁理士 竹内 進 (外 1 名)

(54)【発明の名称】ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】ヘッド位置のサンプリング間隔が比較的に長いセクタサンプティングについて、1～4トラック程度の短距離シークを多数サンプリングという短いコアス時間で行い、整定時間を含めてシーク時間も10サンプリング以下の短時間で可能とする。

【解決手段】F F電流設定部56によるF F電流、位置制御部64による目標位置起動、修正値設定部60による修正値は、各サンプル開始時刻からの経過時間、即ち予め定めたサンプル数の各サンプルタイミングで生成される。位置設定部64で目標位置と実位置との誤差による位置フィードバック制御をF F電流による制御と併せて行う。1トラックのシーク距離について、コアス時間を n 回ええ3サンプルに設定できる。目標位置軌道を理論的な値から逐的にずらすことで、オーバーシュート・アンダシュートを抑制する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】トラック情報とヘッド位置情報を含むサーボフレームがトラック上に離散的に記録されたディスク本体と、

配ディスキ媒体に対しヘッドを移動させるアクチュエータと、
主流により動作して前記アクチュエータを駆動するモータと、
前記ヘッドの読取番号からヘッド位置信号とトラック情報とを所定のサンプリング周期毎に検出するサーボ復調手段と、

士位装置からシーク命令を受けた際、指定された目標位置に向けて前記ヘッドを移動して位置決めさせるシーク制御手段と、を備えたディスク装置に於いて、前記シーク制御手段は、

に位置装置からのシーク命令が所定シーク距離以下の場
合、前記ヘッド位置信号のサンプリング周期の複数周期に亘
る短距離コアス制御期間を設定し、該短距離コアス制御
期間の開始時刻時を含む各サンプリング毎に制御
動作を指示する設定制御手段と、

前記短距離コアス制御期間で前記ヘッドをシーク開始位置から目標位置に移動させるに必要なフィードフォワード電流の値を、前記短距離シーク期間の開始終了時を除くサンプリング毎に予め保持し、前記設定制御手段の指示に従ってサンプリング毎に対応する電流に流す電流設定手段と、

電流設定手段のフィードバック電流によるベクトル移動軌道の各サンプルタイミング毎の位置を目標位置として予め保持し、前記設定制御手段の指示に従って各サンプルタイミング毎に該当する目標位置を出力する目標位置設定手段と、

前記目標位置軌道設定手段の目標位置の修正値をサンプリング毎に予め保持し、前記設定制御手段の指示に従ってサンプリング毎に該当する修正値を出力する修正値設定手段と、

前記サンプリングタイミング毎に、前記目標位置を前記修正値で修正して現在位置との誤差を求め、該位置誤差に基づいて修正後の目標位置に追従するように前記モータに電流を流して位置のフィードバック制御を行う位置御手段と、開えたことを特徴とするディスプレイ装置。

【図表第2項】第2表項1記載のディस्क装束に於いて、前記加速電流と減速電流を出力し、該加速電流と減速電流を流し終るまでの時間で、前記加速電流の流し始めから減速電流を流し終るまでの時間では、前記位置制御手段の周波数帯域を、前記位置制御手段の周波数を、前記アクチュエータの共振周波数より早く設定し、更に前記加速電流と減速電流の波型を相似形としたことを特徴とするディस्क装束。

【請求項3】請求項2記載のディスク装置に於いて、前記電流設定手段は、前記電流波形の周期を、前記位置制

(2) 特開平9-139032

特開平9-139032

振周期より長く設定したことを特徴とするディスク装

【請求項4】請求項2記載のディスク装置に於いて、前記配電電流設定手段は、前記加速電流と減速電流の最大値の配電電流を同一としたことを特徴とするディスク装置。

【請求項5】請求項2記載のディスク装置に於いて、前記電流設定手段は、前記加速電流と減速電流との間に電流流設定を行ったことを検知するディスク装置の流電流の区間を設けたことを特徴とするディスク装置。

【請求項6】請求項2乃至5記載のディスク装置に於いて、前記電流設定手段は、前記加速電流と減速電流として三角波状の電流波形を出力することを特徴とするディスク装置。

【請求項7】請求項2乃至5記載のディスク装置に於いて、前記電流設定手段は、前記加速電流と減速電流として矩形波状の電流波形を出力することを特徴とするディスク装置。

【請求項8】請求項2乃至5記載のディスク装置に於いて、前記電流設定手段は、前記加速電流と減速電流として台形波状の電流波形を出力することを特徴とするディスク装置。

【請求項9】請求項1乃至8記載のディスク装置に於いて、前記股定制御手段で設定する短距離コアス制御期間を、シーク距離に応じたサンプリングの数の数としたことを特徴とするディスク装置。

【請求項10】請求項9記載のディスク装置に於いて、指定されたシーク距離が1トラック長の時には、前記設定制御手段で設定する短距離コアス制御時間を2〜6サンプルタイミングとし、フィードフォワード電流を1サンプルの間に複数回変化することを特徴とするディスク装置。

【請求項11】請求項10記載のディスク装置に於いて、指定されたシーク距離が1トラック長の時には、前記加減速電流と減速電流として三角波状の電流波形を出力し、加減速電流と減速電流との間に電流零の区間を設け、前記設定制御手段で設定する短距離ニアス制御期間を5サンプルタイムイングとすることを特徴とするディスク装置。

【附事項12】 附事項9記載のディスク装置に於いて、指定されたシーク距離が1トラック長の時には、前記設定制御手段で設定する短距離コアス制値期間を5〜10サンプルタイミングとし、フィードフォワード電流を1サンプルの間に1回変化させることを特徴とするディスク装置。

【請求項13】請求項12記載のディスク装置に於いて、1トラック長のシーク距離の時には、前記加速電流と減速電流として三角波状の電流波形を出力し、加速電流と減速電流との間に電流零の区間を設け、

前記設定制御手段で設定する短距離コアス制御期間を8サンプルタイミングとすることを特徴とするディスク装置。

【請求項 14】請求項 10 乃至 14 記載のディスク装置において、前記電流設定手段は、前記サンプルタイミンとそれとの間に設定した 1 又は複数のタイミンの各々に、前記フィードフォワード電流の値を保持し、前記各タイミン毎に該当する電流を出力することを特徴とするディスク装置。

【請求項 15】請求項 2 記載のディスク装置において、前記電流設定手段は、シーク開始タイミンの電流出力が遅延した場合、該遅延時間分の電流を補うように電流値を高くして出力することを特徴とするディスク装置。

【請求項 16】請求項 2 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、前記シーク命令に基づいたシーク距離を短くめに修正した修正シーク距離について、前記フィードフォワード電流による目標位置軌道を求めて各サンプルタイミンの目標位置としたことを特徴とするディスク装置。

【請求項 17】請求項 17 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、前記シーク命令に基づいたシーク距離を 10% 以下の範囲で短いシーク距離に修正することを特徴とするディスク装置。

【請求項 18】請求項 17 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、前記フィードフォワード電流から求められるヘッド移動軌道の各サンプルタイミン毎の目標位置として、シミュレーションにより修正した値を用いることを特徴とするディスク制御装置。

【請求項 19】請求項 17 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、前記フィードフォワード電流より求められる目標位置軌道の各サンプルタイミン毎の目標位置として、キャリブレーションにより修正した値を用いることを特徴とするディスク制御装置。

【請求項 20】請求項 19 又は 20 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、前記目標位置軌道のうちで、最後のサンプルタイミンの値のみを修正することを特徴とするディスク装置。

【請求項 21】請求項 2 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、シーク方向に応じて前記目標位置軌道の各サンプルタイミン毎の目標位置を保持することを特徴とするディスク装置。

【請求項 22】請求項 2 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、シーク距離に応じて前記目標位置軌道の各サンプルタイミン毎の目標位置を保持することを特徴とするディスク装置。

【請求項 23】請求項 2 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、ディスク回転に同期したトラック位置変動によるオフセット測定値を全トラックに共通なセクタ位置毎に保持し、シーク開始セクタの前記オフセット測定値と目的セクタの前記オフセット測定値に基づいてシーク命令に基づくシーク距離を修正し、

修正したシーク距離について前記フィードフォワード電流による目標位置軌道を求めて各サンプルタイミンの目標位置を保持したことを特徴とするディスク装置。

【請求項 24】請求項 23 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、シーク命令に基づくシーク距離の目標位置軌道における各サンプルタイミンの目標位置を、シーク開始セクタと目的セクタとのオフセット測定値の比率に応じて修正することを特徴とするディスク装置。

【請求項 25】請求項 2 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、ヘッド切替えに対応したオフセット測定値を保持し、ヘッド切替えを伴うシーク命令を受けた際に、前記ヘッド切替えのオフセット測定値で修正したシーク距離について、前記フィードフォワード電流による目標位置軌道を求めて各サンプルタイミンの目標位置を保持したことを特徴とするディスク装置。

【請求項 26】請求項 25 記載のディスク装置において、前記目標位置設定手段は、シーク命令に基づくシーク距離の目標位置軌道における各サンプルタイミンの目標位置を、ヘッド切替えに伴う切替前と切替後のオフセット測定値で修正することを特徴とするディスク装置。

【請求項 27】請求項 2 記載のディスク装置において、前記シーク制御手段は、更に、リード動作のシーク命令を受けた際に、前記短距離コアス制御の終了時点でヘッド位置が予め定められたリード許容誤差範囲か否か判定し、該リード許容誤差範囲内のときは直ちにリード許可をデータ復調ユニットに与えることを特徴とするディスク装置。

【請求項 28】請求項 2 記載のディスク装置において、前記シーク制御手段は、更に装置に加わる衝撃を検知するセンサを有し、前記短距離コアス制御期間中に前記センサで衝撃を検知した場合には、前記短距離コアス制御の終了直後にリード許可を与えず、前記センサが衝撃を検知しなくなるまで待つてリード許可を与えることを特徴とするディスク装置。

【請求項 29】請求項 2 記載のディスク装置において、前記シーク制御手段は、更に、ライト動作のシーク命令を受けた際に、前記短距離コアス制御の終了後に所定の整定条件を満足するか否か判定し、該整定条件を満足したときにライト許可をデータ復調ユニットに与えることを特徴とするディスク装置。

【請求項 30】請求項 2 記載のディスク装置において、前記シーク制御手段は、シーク命令によるシーク距離が前記所定シーク距離を越えた長距離シーク距離の場合、目標位置までの残り距離にした目標速度に追従させる速度制御を用い、目標位置との残り距離が前記所定距離以下となった場合、前記電流設定手段、目標位置軌道設定手段、及び修正手段による短距離シーク制御を行う切

替制御手段を備えたことを特徴とするディスク装置。
【請求項 31】請求項 30 記載のディスク装置において、前記替制御手段は、

長距離シーク制御から短距離シーク制御への切替時のヘッド速度を検出する速度検出手段と、前記切替時のヘッド速度を等とするフィードフォワード電流1と該フィードフォワード電流2を前記モータに流した時の移動距離1と、各サンプルタイミン毎の位置を求め第1演算手段と、

目標位置までの距離L0から前記第1演算手段の移動距離L1を差し引いた残り距離L2を短距離シーク制御するため各サンプルタイミン毎のフィードフォワード電流2の各サンプルタイミンの位置を求め第2演算手段と、

前記第1及び第2演算手段で求めた2種類のフィードフォワード電流および各サンプルタイミン毎の位置を加算する加算手段と、を有し、前記加算手段で得られたフィードフォワード電流10及び目標位置位置に基づいて目標位置までの短距離コアス制御を行うことを特徴とするディスク装置。

【請求項 32】請求項 2 記載のディスク装置において、前記シーク制御手段の短距離コアス制御によるシーク時間の統計情報に基づいて自動的にキャリブレーションを行うキャリブレーション手段を設けたことを特徴とするディスク装置。

【請求項 33】請求項 32 記載のディスク装置において、前記キャリブレーション手段は、前記短距離シーク制御毎に、シーク開始から整定待ち終了までのシーク時間をシーク距離毎に計測して保持する時間測定手段と、

同一シーク距離のシーク時間の確率分布を求め、所定の確率を与えるシーク時間を、予め定めた基準時間よりも長い場合にキャリブレーションを起動する起動手段と、前記起動手段によるキャリブレーションの起動を受け、所定のキャリブレーションを実行するキャリブレーション実行手段と、を設けたことを特徴とするディスク装置。

【請求項 34】請求項 32 記載のディスク装置において、前記キャリブレーション実行手段は、前記位置制御手段のループゲインを測定し、測定ループゲインが初期設定した最適値から外れていた場合、該最適値にループゲインを補正することを特徴とするディスク装置。

【請求項 35】請求項 32 記載のディスク装置において、前記キャリブレーション実行手段は、複数のフィードフォワード電流及び複数のフィードフォワード電流の各々に対応した目標位置軌道の設定値を保持して前記短距離シーク制御を行うことでシーク時間を計測し、前記複数のフィードフォワード電流の中で最もシーク時間が短いフィードフォワード電流を選択して前

記電流設定手段に保持させることを特徴とするディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ヘッドを目標位置へ高速に移動させるシーク制御を行うディスク装置に関し、特に、ヘッド位置信号のサンプリング周期が比較的長いセクタサーボを対象に 1~10 トラック程度の短い距離のシーク制御を高速に行うディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、磁気ディスク装置等のディスク装置においては、ヘッド切替え時間の方がヘッド 1 トラック移動する時間、即ち 1 トラックシーク時間よりも十分に短い。そこで、1 トラックを超えて連続するようなデータをアクセスする場合、目的とするシリングアドレスにシークした後、ヘッド切替えによってデータのリードはライトを行っている。

【0003】しかし、記憶容量の増加に伴ってトラック間隔が狭まることにより、ヘッド間のオフセットが相対的に大きくなり、ヘッド切替えの際に必ずオフセット補正を必要とし、このため、ヘッド切替え時間が 1 トラックシークのシーク時間と同等もしくはそれ以上になりつつある。更に、ヘッド同士の相対位置は時間とともに変わる可能性があり、シーク時間は一定にはならなくなる。従来は連続してデータを読み書きする時には、ヘッドを切替えながら同一シリング上の異なるディスク面のデータを読み書きしていたが、今後は同じディスク面上のデータを 1 トラックシークにより順次読み書きした後に、次のディスク面にヘッド切替えにより移行する方が、高速になる可能性がある。図 5 は一般的なシーク制御について、時間経過に対するヘッド位置の変化を示している。以下の説明におけるシーク時間、コアス時間、整定条件及び整定時間とは、シーク命令を受信してから、ヘッドを目標位置に到達させ、かつ整定条件を満足するまでの時間である。また整定条件とは、シーク後に目標位置からの位置誤差を測定して、以後に位置誤差の許容範囲を越えないことを保証するための条件のことである。

【0004】このため、従来の連続してデータを読み書きする時には、ヘッドを切替えながら同一シリング上の異なるディスク面のデータを読み書きしていたが、今後は同じディスク面上のデータを 1 トラックシークにより順次読み書きした後に、次のディスク面にヘッド切替えにより移行する方が、高速になる可能性がある。図 5 は一般的なシーク制御について、時間経過に対するヘッド位置の変化を示している。以下の説明におけるシーク時間、コアス時間、整定条件及び整定時間とは、シーク命令を受信してから、ヘッドを目標位置に到達させ、かつ整定条件を満足するまでの時間である。また整定条件とは、シーク後に目標位置からの位置誤差を測定して、以後に位置誤差の許容範囲を越えないことを保証するための条件のことである。

【0005】コアス時間とは、シーク時間に含まれ、ヘッドがシーク開始位置から目標位置へ到達するまでの時間で、整定時間を含まない時間のことである。整定時間とは、目標位置へ到達してから、整定条件を満足するまでの時間のことである。次にシーク時間に影響を与える要因としては、次のものがある。

①ボジション感度
シークを行う際には、現在の位置を正確に取得する必要があり、磁気ディスク装置においては、ディスク媒体上に位置信号、例えば 2 相サーボ信号が記録されており、トラック間のオフセット量が求まるようになっている。

【0006】この位置調整信号は一般的にアナログ信号であり、ADコンバータを使いMPUに取り込まれる。ADコンバータの値を実際のトラック単位に直すには、事前にシリンダ位置毎に測定したゲインを掛け、ボジション感度を一定にしなければならない。

②ループゲイン

ヘッドアクチュエータを駆動するVCM (Voice Coil Motor) の力定数BLの値は、通常はトラック位置により異なるので、制御系のサーボ帯域を全てのトラックで一定にするようにゲインを補正することが必要になる。このVCM力定数BLの値もしくは回路系のゲイン等は温度により変化するので、ファームウェアが予め保持している補正ゲインが、実際の値と合致する。

【0007】制御系は誤差なくゲインが補正されているときにオーバーシュート及びアンダシュートが少なく、安定時間が最も短くなるように設計・調整されている。ゲインの変動は安定時間増加につながる。このため制御系のサーボ帯域を全てのトラックで一定にするようにループゲインを補正することが必要になる。

③バイアス力

アクチュエータに外部から加わる力は、場所により一定ではない。このため外部のバイアス力を場所によらず常に一定とする補正が必要になる。

【0008】④ヘッド間オフセット
トラック番号 (シリンダ番号) が同一でもヘッド番号が異なる時には、ヘッド切替えを行うことになるが、ヘッド間にオフセットが生じている。したがって、ヘッド切替えを伴う1トラックシークでは、ヘッド切替えに伴なうオフセットが加わり、実際には例えば1、2トラックシークを必要とする場合があり、シーク時間に影響する。

【0009】⑤機械共振

VCMの位置に対する電流特性は、簡易的には二重積分に比例した式として表現される。ところが、実際には、アクチュエータとヘッドとの機械共振の影響があり、シーク電流によって、共振を加振してしまい、シーク後の振動が残ることがある。このような、シーク後の振動を残留振動と呼ぶ。この残留振動が大きき場合には、振動が収まるまで長い安定時間が必要になる。

【0010】⑥ラングアウト

ディスク上の目標トラックは実際には同心円にはならず、歪みがある。このような、理想的なトラック位置からのずれのうち、回転に同期した成分を回転同期ラングアウト (Repeatable Run Out) 、非同期成分を回転非同期ラングアウト (Non Repeatable Run Out) と呼ぶ。

【0011】回転同期ラングアウトRRO及び回転非同期ラングアウトNRROの影響は、次の2つの理由で問題である。1つは、同一トラックでの問題である。シーク直後に安定判定を行うが、回転同期ラングアウトRRO及び

回転非同期ラングアウトNRROの影響でなかなか安定条件を満足せずに、安定時間が長くなる場合がある。図5 6 (A) は、3、5イン치의磁気ディスク装置において、位置制御系で目標位置に追従制御しているとき、回転同期ラングアウトRRO及び回転非同期ラングアウトNRROの各極値の最大値を各トラック毎に測定したものである。このように、回転同期ラングアウトRRO及び回転非同期ラングアウトNRROの値はトラック毎に大きく異なる。

【0012】2つ目は隣接トラックとの問題である。現在のトラックから隣のトラックへ移動する場合に、理想的にはちょうど1、0トラックの距離だけ移動すれば良い。ところが、実際には回転同期ラングアウトRRO及び回転非同期ラングアウトNRROの影響で、シーク距離が時間と場所により変動する。図5 7は、隣接トラックに1トラックだけシークした時のトラック間隔の変動の幅を、各トラック毎に測定した結果である。この測定例では、トラック間隔が±20%程度の範囲で変動している。

20 【0013】

【説明が解決しようとする課題】 ディスク装置においては、シーク制御を最適化してシーク時間を短縮するためには、このようなラングアウト感度、ループゲイン、バイアス力、ヘッド間オフセット、機械共振、ディスク回転に伴う同期および非同期のラングアウト等の変動要因をできるだけ抑えるようにしなければならない。ボジション感度、ループゲイン、バイアス力、ヘッド間オフセットについては、事前に測定することが可能なので、現在の位置に応じた補正を行うことで影響を回避することができ

【0014】共振については、専用のサーボ面にサーボ情報を記録しており、サーボヘッドから常時ヘッド位置信号が得られ、短いサンプリング周期でヘッド位置を検出できる装置であれば、出力電流に共振周波数付近の成分が混ざらないようにフィルタを挿入することで、影響を回避することができる。しかし、データ面のトラック上に離散的にサーボ情報を記録したセクタサーボ又は埋込みサーボと呼ばれる装置では、ヘッド位置信号のサンプリング周期が長くなる。このためフィルタを構成することが物理的に無理であり、共振の影響を回避できない恐れがある。

【0015】また回転同期ラングアウトRROと回転非同期ラングアウトNRROは、その形状がトラック毎に異なり、完全に除去できない。1トラックシークなどの短距離のシーク制御においては、この共振、回転同期ラングアウトRRO、及び回転非同期ラングアウトNRROの影響の回避が特に重要になる。このように、サンプリング周期の長いセクタサーボを採用した従来のディスク装置においては、回転同期ラングアウトRROと回転非同期ラングアウトNRROの影響を受けて1〜4トラック程度の短

【0021】目標位置軌道設定手段5 8は、電流設定手段5 6のフィードフォワード電流によるヘッド移動軌道の各サンプリング毎の位置を目標位置として予め保持し、設定制御手段5 4の指示に従ってサンプリング毎に該当する目標位置を出力する。また修正値設定手段6 0は、目標位置軌道設定手段5 8の目標位置の修正値をサンプリング毎に予め保持し、設定制御手段5 4の指示に従ってサンプリング毎に該当する修正値を出力する。

【0022】位置制御手段6 4は、サンプリング毎に、目標位置を修正値で修正して現在位置との偏差を求め、F F電流に加えて更に、この位置誤差に基づいて修正後の目標位置に追従するようにモータに電流を流して位置のフィードバック制御を行う。F F電流設定手段5 6は、加速電流と減速電流を出力し、加速電流の流し始めから減速電流を流し終るまでの時間 (コアス時間) で決まる電流波形の周波数、位置制御手段6 4の周波数帯域より高い共振周波数をもつアクチュエータ1 8の共振周波より長く設定し、更に加速電流と減速電流の波形を相似形とする。

【0023】またF F電流設定手段5 6は、電流波形の周期を、位置制御手段6 4の周波数帯域より高い共振周波をもつ全体の共振周波より長く設定する。更に、F F電流設定手段5 6は、加速電流と減速電流の最大電流絶対値を同一とする。F F電流設定手段5 6は、加速電流と減速電流との間に電流零の区間を設けるようにしてよい。F F電流設定手段5 6は、加速電流と減速電流として三角波状、矩形波状、または台形波状の電流波形を使用する。

【0024】設定制御手段5 4で設定する短距離コアス制御期間の長さ、シーク距離に応じたサンプリングの数は、シーク距離に、例えば、1乃至12トラックの短距離シークについて3乃至6サンプリングとする。これはサンプリング周期と2乃至5周期である。例えば、1乃至4トラックシークで3サンプリング、1乃至4トラックシークで4サンプリング、5乃至8トラックシークで5サンプリング、9乃至12トラックシークで6サンプリングとする。

【0025】またシーク命令により指定されたシーク距離が1トラック長の時、設定制御手段5 4で設定する短距離コアス制御期間を3〜6サンプリング電流を1サンプルの間に複数回変化させる。例えば、加速電流と減速電流として三角波状の電流波形を出力し、加速電流と減速電流との間に電流零の区間を設け、設定制御手段5 4で設定する短距離コアス制御期間を5サンプリング (5サンプリング周期) とする。

【0026】またシーク命令により指定されたシーク距離が1トラック長の時、設定制御手段5 4で設定する短距離コアス制御期間を5〜10サンプリング (4

距離のシーク制御においてさえ、例えば10サンプリング以上の比較的長いコアス時間を必要としており、より高速なシーク制御が望まれている。

【0016】本発明の目的は、ヘッド位置のサンプリング毎に比較的良好なセクタサーボについて、1〜10トラック程度の短距離シークを数サンプリングという短いコアス時間で実行し、安定時間を含めてシーク時間も10サンプリング以下の高速シークができるディスク装置を提供する。

【0017】

【問題を解決するための手段】 図1は本発明の原理説明図である。まず本発明のディスク装置は、トラック情報とヘッド位置情報を含むサーボフレームが各トラック上とヘッド位置に記録されたセクタサーボのディスク媒体を使用する。またディスク媒体に対しヘッドを移動させるアクチュエータ、電流により動作してアクチュエータを駆動するモータ、ヘッドの読取信号からヘッド位置信号とトラック情報を所定のサンプリング周期毎に検出するサーボ復調手段、及び上位装置からシーク命令を受けた際、指定された目標位置に向けて前記ヘッドを移動して位置決めさせるシーク制御手段を備える。

【0018】ここで本発明のコアス時間およびシーク時間は、サンプリング数で定義される。サンプリング数は、例えばコアス時間を例にとると、シーク制御を開始した時のサンプリング時間からコアス制御を終了したときのサンプリングまでのヘッド位置信号のサンプリング回数を意味する。このためサンプリング数とサンプリングの数は同じことを意味している。例えばコアス時間が4サンプリングだった場合、第1サンプリングがシーク開始タイミンとなり、第4サンプリングがコアス終了タイミンとなる。サンプリング数とサンプリング周期の関係は、(サンプリング数-1) がサンプリング周期となる。例えば4サンプリングは、3サンプリング周期となる。

【0019】このようなディスク装置のシーク制御手段として本発明にあつては、1〜12トラック程度の短距離シークの制御のため、設定制御手段5 4、F F電流設定手段5 6、目標位置軌道設定手段5 8、修正値設定手段6 0、及び位置制御手段 (位置サーボ) 6 4を設けたことを特徴とする。設定制御手段5 4は、上位装置からシーク命令が所定シーク距離以下の場合、例えば12トラック以下の場合、ヘッド位置信号のサンプリング周期の複数回に亘る短距離コアス制御期間を設定し、短距離コアス制御期間の制御開始時を含む各サンプリング毎に制御動作を指示する。

【0020】F F電流設定手段5 6は、短距離コアス制御期間でヘッドをシーク開始位置から目標位置に移動させるに必要なフィードフォワード電流 (F F電流) の値を、短距離コアス制御期間終了時を除くサンプリング毎に必要ないシーク命令により指定されたシーク距離が1トラック長の時、設定制御手段5 4の指示に従ってサンプリング毎に対応する電流をモータに流す。

～9サンプリング周期)とし、フィードフォワード電流を1サンプリング周期に1回変化する。例えば、加速電流と減速電流として三角波状の電流波形を出力し、加速電流と減速電流との間に電流零の区間を設け、設定制御手段54で設定する短距離コース制御期間を8サンプリング周期(7サンプリング周期)とする。

【0027】FF電流設定手段56は、サンプリングタイミングとその間に設定した又は複数のタイミング、例えば1/2サンプリング周期の各々について、フィードフォワード電流の値を保持し、各タイミング毎に計算する電流を出力する。FF電流設定手段56は、シーク開始タイミングの電流出力が遅延した場合、この遅延時間分の電流を補うように電流値を高くして出力する。

【0028】目標位置軌道設定手段58は、シーク命令に基づいたシーク距離を短かに修正した修正シーク距離について、フィードフォワード電流による目標移動軌道を求めて各サンプリングタイミングの目標位置とする。例えば、シーク命令に基づいたシーク距離を1.0%以下の範囲で短いシーク距離に修正する。目標位置軌道設定手段58は、フィードフォワード電流から求められるヘッド位置軌道の各サンプリングタイミング毎の目標位置とし、シミュレーションにより修正した値を用いる。また、目標位置軌道設定手段58は、フィードフォワード電流から求められる目標位置軌道の各サンプリングタイミング毎の目標位置として、キャリブレーションにより修正した値を用いる。

【0029】目標位置軌道設定手段58は、例えば目標位置軌道のうちで、最後のサンプリングタイミングの値のみを修正する。目標位置軌道設定手段58は、シーク方向に応じて目標位置軌道の各サンプリングタイミング毎の目標位置を保持する。またシーク距離に基づいて前記目標位置軌道の各サンプリングタイミング毎の目標位置を保持する。

【0030】目標位置軌道設定手段58は、ディスク回転に同期したトラッキング位置変動RRO: Rotatable Run Out)によるオフセット測定値を全トラッキングに共通なセクタ位置毎に保持し、シーク開始セクタのオフセット測定値と目的セクタのオフセット測定値に基づいてシーク命令に基づきシーク距離を修正し、修正したシーク距離についてフィードフォワード電流による目標位置軌道を求めて各サンプリングタイミングの目標位置を保持する。この場合、目標位置を、シーク開始セクタと目的セクタとのオフセット測定値に応じて修正する。

【0031】目標位置軌道設定手段58は、ヘッド切替えに対応したオフセット測定値を保持し、ヘッド切替えを伴うシーク命令を受けた際に、ヘッド切替えのオフセット測定値で修正したシーク距離に基づいてフィードフォワード電流による目標位置軌道を求めて各サンプリングタイミングの目標位置を保持する。例えば、シーク命令のシーク距離に基づき位置軌道の各サンプリングタイミングの目標位置を、ヘッド切替えに伴う切替前と切替え後のオ

フセット測定値で修正する。

【0032】シーク制御手段は、更に、リード動作のシーク命令を受けた際に、短距離コース制御の終時点までヘッド位置が予め定められたリード許容誤差範囲か否かを判定し、リード許容誤差範囲内るときは直ちにリード許可をデータ復調ユニットに与える。このためリード動作の目的のシーク時間は、コアス時間と同等にでき、整定時間は不要となる。

【0033】シーク制御手段は、更に装置に加わる衝撃を検知するセンサを有し、短距離コース制御期間中にセンサで衝撃を検知した場合には、短距離コース制御の終了直後にリード許可を与えず、センサが衝撃を検知しなくなるまで待ってリード許可を与え、またシーク制御手段は、更に、リード動作のシーク命令を受けた際に、短距離コース制御の終了後に所定の整定条件を満足するか否かを判定し、整定条件を満足したときにリード許可をデータ復調ユニットに与える。

【0034】シーク制御手段は、シーク命令によるシーク距離が所定シーク距離を超えた長距離シーク距離の場合、目標位置までの残り距離(トラッキングデファレンス)に応じた目標速度に追従させる速度制御を用い、目標位置までの残り距離が所定距離以下となった場合、FF電流設定手段56、目標位置軌道設定手段58、及び修正手段60による短距離シーク制御を行う切替制御手段を備える。

【0035】この切替制御手段は、長距離シーク制御から短距離シーク制御への切替時のヘッド速度を検出する速度検出手段、切替時のヘッド速度を等とするフィードフォワード電流11と該フィードフォワード電流11を前記モータに流した時の移動距離L1と、各サンプリングタイミング毎の位置を求める第1演算手段、目標位置までの距離L0から第1演算手段の移動距離L1を差し引いた残り距離L2を短距離シーク制御するための各サンプリングタイミング毎のフィードフォワード電流12、フィードフォワード電流12をモータに流した時の目標位置軌道の各サンプリングタイミング毎の位置を求める第2演算手段、および第1及び第2演算手段で求めた2種類のフィードフォワード電流12および各サンプリングタイミング毎の位置を加算する加算手段を有し、この加算手段で得られたフィードフォワード電流10及び目標軌道位置に、さらに本発明のディスキ装置は、シーク制御手段の短距離コース制御によるシーク時間の統計情報に基づいて自動的にキャリブレーションを行うキャリブレーション手段を設ける。キャリブレーション手段は、例えば時間測定手段で短距離シーク制御毎に、シーク開始から整定待ち終了までのシーク時間をシーク距離毎に計測して保持し、起動手段でシーク距離のシーク時間の標準分布を求め、所定の標準値と与えるシーク時間が、予め定められた基準時間より大きい場合にキャリブレーションを起動する。そして起動手段による

るキャリブレーションの起動を受けて、キャリブレーション

ョン実行手段が所定のキャリブレーションを実行する。【0036】キャリブレーション実行手段は、例えば位置検出手段64のループゲインを測定し、測定ループゲインが初期設定した最速値から外れていた場合、最速値にループゲインを補正する。またキャリブレーション実行手段は、複数のフィードフォワード電流及び複数のフィードフォワード電流の各々に対応した目標位置軌道の設定値を選択して短距離シーク制御を行うことでシーク時間を計測し、複数のフィードフォワード電流の中で最もシーク時間が短いフィードフォワード電流を選択してFF電流設定手段56に保持させる。

【0037】このように本発明は、1～12トラッキング程度の短いシーク距離について、ヘッド位置信号のサンプリング数で3～5サンプリングという短時間の制御でコアス制御を終了し、整定時間を含めて10サンプリング程度でシークを完了する。この短距離シーク制御は、FF電流と位置フィードバック制御を合せた制御であり、更に位置制御において、FF電流による目標位置軌道とその修正値により各サンプリングでの目標位置を決めて実位置までの位置誤差に応じてモータに電流を流す位置フィードバック制御する。

【0038】FF電流、目標位置軌道、目標位置軌道の修正値は、各サンプリング開始時刻からの経過時間、即ち予め定めたサンプリング数分の各サンプリングで生成される。ここで、FF電流の加速電流波形と減速電流波形で決まるコアス時間は、共振の影響を受けず、また電流がモータ(VCM)のアンプが飽和しない範囲で、できるだけ短く設定する。

【0039】例えば、185.6μsのサンプリング周期をもつディスキ装置の場合、1トラッキングのシーク距離について、コアス時間を3サンプリングと設定する。このように極端に少ないサンプリング数のコアス時間は、従来の制御では設定することができなかった。また、FF電流と目標位置軌道のみでは、シーク後にオーバershoot・アンダershootが発生する。この大きさは、シーク方向、シーク距離に依存する。目標位置軌道を理想的な値から意図的にずらすことで、オーバershoot及びアンダershootを抑制することができる。

【0040】

【発明の実施の形態】

<目次>

1. 装置構成とサーボパターン

2. 短距離シーク制御

3. テーブル作成とキャリブレーション

(1) 製造段階のキャリブレーション

(2) FF波形のキャリブレーション

(3) 運用段階のキャリブレーション

4. 長距離シーク制御の引込み制御

5. 衝撃センサによる監視

6. その他

1. 装置構成とサーボパターン

図2は本発明のディスキ装置の構成を示したブロック図である。図2において、ディスキ装置はコントロールユニット10とディスクエンクロージャ12で構成され、ディスクエンクロージャ12には、スピンドルモータ16により回転されるディスク14が設けられている。ディスク14の上下のデータ面に対しては、ヘッド21、22が設けられている。

【0041】ヘッド21、22としては、リードヘッドとライトヘッドを一体に備えた複合ヘッドが使用される。この内、ライトヘッドはMRヘッドを使用する。ヘッド21、22はアクチュエータ(以下[VCM])の先端に装着され、ボイスコイルモータ(以下[VCM])という20により、ヘッド21、22をディスク14上の任意のトラック位置に移動できるようにしている。アクチュエータ18としては、通常、VCM20により回転軸を中心にヘッド21、22を移動させるロータリ型のアクチュエータが使用される。

【0042】コントロールユニット10内にはMPU24が設けられ、MPU24に対してはバス44を介してROM26、RAM28が設けられる。ROM26には、MPU24で実行する本発明のシーク制御を含む各種の制御プログラムが格納され、また各種の制御に必要なパラメータも格納されている。またMPU24に対しては、バス44を介してインタフェースコントロールロー32が接続され、上位のホスト側コントロールの間でコマンド及びデータのやり取りを行う。

【0043】インタフェースコントロールロー32に対してはキャッシュRAM30が設けられており、ホスト側コントロールロー32からのリードまたはライトのアクセス要求に対し、インタフェースコントロールロー32は、まずキャッシュRAM30を参照して、もしミスヒットであればMPU24に対してディスク14に対するリードまたはライトのアクセスを要求する。

【0044】更にMPU24に対しては、バス44を介してスピンドルモータドライバ34、VCMドライバ36、リード/ライトユニット42及びサーボデコーダ38が設けられている。スピンドルモータドライバ34はMPU24による指示のもとに、ディスクエンクロージャ12に設けたスピンドルモータ16を一定速度で回転させる。

【0045】VCMドライバ36は、MPU24に設けられているシーク制御部及びシーク完了後の位置決め制御部による制御指示を受けてVCM20に電流を流し、アクチュエータ18の駆動によるヘッド21、22の目的トラック位置に対する位置決め制御を行う。リード/ライトユニット42とサーボデコーダ38に対しては、ヘッドIC40を介して、ディスクエンクロージャ12に設けられているヘッド21、22が接続されている。

【0046】リード/ライトユニット4.2は、リード動作の際にはリード側が有効となりデータ復調回路として動作する。そのときヘッダIC40で選択されているヘッダ2.1または2.2のいずれかより読み出されるディस्क1.4からのデータ配線部分からの読出信号からリーダーデータを復調し、RAM28に格納した後、インタフェースコントローラ3.2を經由してホスト側コントローラにリードデータを転送する。

【0047】またライト動作の際には、リード/ライトユニット4.2はライト側が有効となり、データ復調回路として動作する。この場合には、ホスト側コントローラからインタフェースコントローラ3.2を介してRAM28に転送された書込データを、ヘッダIC40を介して、命令により指定されたヘッダ2.1または2.2のいずれかによりディस्क1.4に書き込む。

【0048】サーボデコーダ3.8は、ヘッダIC40で選択されているヘッダ2.1または2.2から得られるサーボ読取信号からトラック番号及びヘッド位置信号を復調し、MPU2.4はサーボデコーダ3.8で復調したトラック番号及びヘッド位置信号に基づいて、ディस्क1.4に対するヘッダ2.1、2.2の位置決め制御をVCMドライバ3.6によるVCM20に対する電流供給により行う。

【0049】図3は、図2のディスクエンクロージャ1.2に設けたディスク媒体1.4のトラック記録状態である。ディस्क媒体1.4は両面をデータ面4.6として形成されている。図3においては、複数のトラックの内、データ面4.6上には、同心円状に複数のトラックが形成されている。図3においては、複数のトラックの内、トラック4.8、4.8+1の2本を代表して示している。トラック4.8、4.8+1は、円周方向に一定の間隔を置いてサーボフレーム50i、50i+1を設けている。

【0050】サーボフレーム50i、50i+1は、図4に取り出して示すように、サーボマーク51、トラックアドレス52、4種類A、B、C、Dのサーボパターン5.3を円周方向に記録している。サーボマーク51はサーボフレームの開始位置を示す。トラックアドレス52は、例えばグレーコード等によりトラック番号を記録している。

【0051】サーボパターン5.3は、ディस्क半径方向についてパターンA、Bを1トラックずつ交互に記録し、またパターンC、Dも同様に1トラックずつ交互に記録し、パターンA、BもパターンC、Dでは0.5トラックずらしている。このようにサーボパターン5.3から得られたパターンA、B、C、Dの4つのパターン読取信号について、右側に示すように、パターンAとBの差からヘッド位置信号Nを復調し、同時にパターンCとDの差からヘッド位置信号Qを復調する。

【0052】ヘッド位置信号N、Qは0.5トラック位相のずれた信号であり、通常、2相サーボ信号と呼ばれている。即ち、ヘッド位置信号Nはトラック番号i、i+

ィードワード電流（以下「FF電流」という）、位置制御、目標位置軌道及び目標位置軌道の修正という4つの制御要素を組み合わせた制御を行う。またシーク距離に応じてシーク開始位置から目標位置にヘッドが到達するまでの期間、即ちコアス期間が3～5サンプルの範囲で予め決められた制御を行う。

【0057】図5において、短距離制御を行うためのシーク制御部は、設定制御部5.4、FF電流設定部5.6、目標位置軌道設定部5.8、修正値設定部6.0、加算点6.2、位置制御部6.4、加算点6.6、及びVCM20を用いたアクチュエータ1.8で構成される。FF電流設定部5.6は、製造段階での設計値及び後の説明で明らかにするシミュレータを用いたキャリブレーションにより決まるサンプルタイミングごとに最適なFF電流の値が格納されている。そして、設定制御部5.4に対するシークコマンド及びサンプルクロックに基づいて、対応するFF電流値を選択して、各サンプルタイミングごとに加算点6.6に出力してアクチュエータ1.8に電流を流す。

【0058】目標位置軌道設定部5.8には、FF電流設定部5.6に設定したFF電流をアクチュエータ1.8のVCM20に流したときのヘッドの目標位置軌道が各サンプルタイミングごとの位置として予め記憶されている。そして、設定制御部5.4に対するシークコマンド及びサンプルクロックに基づき、各サンプルタイミングごとに目標位置として加算点6.2に出力する。

【0059】修正値設定部6.0には目標位置軌道設定部5.8に記憶している目標位置軌道の各位の値を修正する目標位置軌道修正値が予め記憶されている。この目標位置軌道修正値は、FF電流と目標位置軌道のみによる制御ではシーク後にオーバーシュートやアンダーシュートが発生することから、オーバーシュートやアンダーシュートが発生しないように目標位置軌道を理想的な値から意図的にずらすことで、オーバーシュート及びアンダーシュートを抑制できるようにしている。

【0060】この軌道修正値そのものは、装置製造段階での後の説明で明らかにするシミュレータを用いたキャリブレーションにより最適値が決められて予め記憶される。位置制御部6.4は通常の位置フィードバック制御を行うもので、加算点6.2に対する目標位置軌道修正値より修正された目標位置とフィードバックされた実際のヘッド位置との偏差を、位置制御部6.4に設定したループゲインに従って増幅した後に加算点6.6に与える。更に、FF電流設定部5.6から別個に供給されているFF電流と合成してアクチュエータ1.8に電流を流し、加算点6.2の偏差が常に0となるようにフィードバック制御する。

【0061】図6は、図5のFF電流設定部5.6、目標位置軌道設定部5.8及び修正値設定部6.0の具体的な実施例である。図6において、シーク方向に応じてフォワードテール7.4-1とリバーステール7.4-2が設

けられる。フォワードテール7.4-1、リバーステール7.4-2は、例えば図7にフォワードテール7.4-1を代表して示すように、シーク距離とサンプルタイミングの順番を示すサンプル番号をパラメータとして、修正値Kは、第1FF電流F1i及び第2FF電流S1iの値を格納している。

【0062】ここで、iはシーク距離1～12であり、jはサンプル番号1～5を表わしている。またサンプル番号は、サンプルタイミングの順番に対応している。更に、テール上には、最初のサンプルタイミングから最後から1つ前のサンプルタイミングまでのサンプル番号を登録しており、最後のサンプルタイミングではFF電流は等となり、また目標位置はシーク距離そのものになることから、テール登録は行っていない。

【0063】これら修正値、第1FF電流及び第2FF電流は、後の説明で明らかにする装置製造段階におけるシーク制御のキャリブレーションによって最適値が決められ、図示のようにテールデータとして例えばROM2.6に予め保持されている。図7のフォワードテール7.4-1のデータは、本発明が対象とする短距離シークの1～12トラックについて準備されている。ここでシーク距離とコアス期間を決めるサンプル数の関係は、図8のようになる。

【0064】図8において、シーク距離が0.1～4トラックの場合には、特性1.1.8に示すようにサンプル数は3とす。シーク距離が5～8トラックについては、特性1.2.0のようにサンプル数を4とす。シーク距離が9～12トラックについては、特性1.2.2のようにサンプル数を5としている。シーク距離が13トラック以上についてはサンプル数6以上の特性1.2.4となり、ここについてはサンプル数6以上の特性1.2.4となり、この特性は目標位置に対するトラックディファレンスに依りて目標速度を算み出して速度制御する従来のシーク制御の領域となる。

【0065】再び図7を参照するに、フォワードテール7.4-1における第1FF電流は、例えばシーク距離1、サンプル番号1～3の場合を例にとると、サンプルタイミングごとに第1FF電流F11～F13を出力する。これに対し第2FF電流S11～S13は、ヘッド位置信号が得られていないサンプル周期の中間の1/2サンプル周期の間に発生するFF電流を保持している。

【0066】このため、FF電流の出力については1/2サンプル周期ごとに行われることで、例えばサンプル数3の場合には毎回の6回FF電流の出力が行われることになる。これに対し修正値K11～K13を使用した目標位置軌道の発生は、サンプル番号1、2、3で決まるサンプルタイミングごとに行われ、合計3回の位置制御を行うことになる。

【0067】再び図6を参照するに、フォワードテール7.4-1、リバーステール7.4-2に対しては、レジスタ6.8によりテールポイントとしてフォワード/

1、i+2で示すトラックセンタを中心に、ヘッド2.1の半径方向の位置に対し異なる極性の磁場的に変化し、トラック境界部分で飽和した特性となる。これに対しヘッド位置信号Qは、トラック境界を0次として、ヘッド2.1の移動方向に応じて正または負に直線的に変化する特性であり、トラックセンタで飽和した信号となる。このため、トラックセンタを中心とした所定範囲ではヘッド位置信号Nを使用し、ヘッド境界部分ではヘッド位置信号Qを使用することで、全トラック範囲に亘りヘッド位置を示すヘッド位置信号を得ることができる。

【0053】本発明のディस्क装置にあっては、図4のサーボフレームが、図3のようにトラック上に離散的に記録されており、サーボフレームの間がデータ領域として使用される。このようなサーボフレームの記録をセクタサーボあるいは埋込みサーボと呼ぶ。セクタサーボのディस्क装置にあっては、図3のように、トラック上に離散的にサーボフレーム50i、50i+1が記録されているため、サーボフレームの読取信号から得られるヘッド位置信号はディस्क1.4の回転数と1トラック当たりのサーボフレームの数に依存した周周で間欠的に得られる。

【0054】例えば、ディस्क1.4の回転数を5400rpm、1トラック当たりのサーボフレームの数を60フレームとした場合、ヘッドから読み取られるヘッド位置信号の周期は1.85、6μs間隔となる。このため図2のMPU2.4にあっては、サーボデコーダ3.8より185、6μsの周期間隔でヘッド位置信号が得られることから、この周期をサンプリング周期としてヘッド位置信号を取り込み、シーク制御やオントラック制御などのヘッド位置決め制御を行う。

【0055】本発明のディस्क装置にあっては、シーク命令による目標位置に対し現在位置からのシーク距離が例えば13トラック以上の場合には通常のシーク制御を行う。これに対しシーク距離が12トラック以下の短いシーク距離の場合には、本発明により提供されるフィードフォワード変形、目標位置軌道及び目標位置軌道修正を用いた位置フィードバック制御による3～6サンプル程度の短いコアス期間で短距離シークを行うようにしている。

【0056】ここでシーク距離が13トラック以上となる通常のシーク制御とは、目的位置に対する現在位置からの残りトラック数に応じて読み出した速度制御パターンに従って、加速、定速、減速の速度制御を行い、速度制御の最終段階による減速中に、目標位置に所定トラック範囲に入ったときに位置制御に切り替えるシーク制御を行う。

2、短距離シーク制御
図5は、本発明のディस्क装置で例えば12トラック以下の短距離シークを行うためのシーク制御部の機能構成ブロック図である。本発明の短距離シーク制御は、フ

ィードワード電流（以下「FF電流」という）、位置制御、目標位置軌道及び目標位置軌道の修正という4つの制御要素を組み合わせた制御を行う。またシーク距離に応じてシーク開始位置から目標位置にヘッドが到達するまでの期間、即ちコアス期間が3～5サンプルの範囲で予め決められた制御を行う。

【0057】図5において、短距離制御を行うためのシーク制御部は、設定制御部5.4、FF電流設定部5.6、目標位置軌道設定部5.8、修正値設定部6.0、加算点6.2、位置制御部6.4、加算点6.6、及びVCM20を用いたアクチュエータ1.8で構成される。FF電流設定部5.6は、製造段階での設計値及び後の説明で明らかにするシミュレータを用いたキャリブレーションにより決まるサンプルタイミングごとに最適なFF電流の値が格納されている。そして、設定制御部5.4に対するシークコマンド及びサンプルクロックに基づいて、対応するFF電流値を選択して、各サンプルタイミングごとに加算点6.6に出力してアクチュエータ1.8に電流を流す。

【0058】目標位置軌道設定部5.8には、FF電流設定部5.6に設定したFF電流をアクチュエータ1.8のVCM20に流したときのヘッドの目標位置軌道が各サンプルタイミングごとの位置として予め記憶されている。そして、設定制御部5.4に対するシークコマンド及びサンプルクロックに基づき、各サンプルタイミングごとに目標位置として加算点6.2に出力する。

【0059】修正値設定部6.0には目標位置軌道設定部5.8に記憶している目標位置軌道の各位の値を修正する目標位置軌道修正値が予め記憶されている。この目標位置軌道修正値は、FF電流と目標位置軌道のみによる制御ではシーク後にオーバーシュートやアンダーシュートが発生することから、オーバーシュートやアンダーシュートが発生しないように目標位置軌道を理想的な値から意図的にずらすことで、オーバーシュート及びアンダーシュートを抑制できるようにしている。

【0060】この軌道修正値そのものは、装置製造段階での後の説明で明らかにするシミュレータを用いたキャリブレーションにより最適値が決められて予め記憶される。位置制御部6.4は通常の位置フィードバック制御を行うもので、加算点6.2に対する目標位置軌道修正値より修正された目標位置とフィードバックされた実際のヘッド位置との偏差を、位置制御部6.4に設定したループゲインに従って増幅した後に加算点6.6に与える。更に、FF電流設定部5.6から別個に供給されているFF電流と合成してアクチュエータ1.8に電流を流し、加算点6.2の偏差が常に0となるようにフィードバック制御する。

【0061】図6は、図5のFF電流設定部5.6、目標位置軌道設定部5.8及び修正値設定部6.0の具体的な実施例である。図6において、シーク方向に応じてフォワードテール7.4-1とリバーステール7.4-2が設

けられる。フォワードテール7.4-1、リバーステール7.4-2は、例えば図7にフォワードテール7.4-1を代表して示すように、シーク距離とサンプルタイミングの順番を示すサンプル番号をパラメータとして、修正値Kは、第1FF電流F1i及び第2FF電流S1iの値を格納している。

【0062】ここで、iはシーク距離1～12であり、jはサンプル番号1～5を表わしている。またサンプル番号は、サンプルタイミングの順番に対応している。更に、テール上には、最初のサンプルタイミングから最後から1つ前のサンプルタイミングまでのサンプル番号を登録しており、最後のサンプルタイミングではFF電流は等となり、また目標位置はシーク距離そのものになることから、テール登録は行っていない。

【0063】これら修正値、第1FF電流及び第2FF電流は、後の説明で明らかにする装置製造段階におけるシーク制御のキャリブレーションによって最適値が決められ、図示のようにテールデータとして例えばROM2.6に予め保持されている。図7のフォワードテール7.4-1のデータは、本発明が対象とする短距離シークの1～12トラックについて準備されている。ここでシーク距離とコアス期間を決めるサンプル数の関係は、図8のようになる。

プル数を低減することによるシーク時間の短縮と残留振動による安定時間の増加のバランスをとり、最適な電流波形の周期 T を決定する。以下の説明においては、電流波形 T の周期を 3 サンプルとし、更に $1/2$ サンプル周期で F F 電流を切り替える場合を例にする。

[0109] ここで F F 電流は $1/2$ サンプル周期ごと

に切り替えて 3 サンプルの三角波から図 20 の三角

波形を使用する。ここで VCM ドライバ 36 の能力によ

り図 20 の F F 電流が変化する場合には、周期を長くすべ

よい。また F F 電流の切替えは必ずしもサンプル周期の

2 分の 1 に限らず、より高速な MPU や DSP を使用し

ている場合には 1 サンプル単位の制御でも十分である。

またヘッド位置信号が得られるサンプル周期が比較的長

い装置では、シーク時間を短くするためにサンプル周期

の 2 分の 1 や 3 分の 1 単位で F F 電流を切り替えること

が望ましい。

[0110] 本発明は、短距離シーク制御に必要な各種

のパラメータのキャリブレーションのために、次の構造

をもつ位置制御のコントローラを使用して図 5 に示した *

* 構造のシーク制御を行う。ここで目標位置軌道は、1 サ

ンプル周期ごとに位置制御部を構成するコントローラの

位置誤差に加算する。また F F 電流は $1/2$ サンプル周

期でコントローラに対する指示電流に加算し、サンプル

周期以外の $1/2$ サンプル周期のタイミングでの切替え

はタイマ割込みを行う。更に 4 サンプル周期以降は、F

F 電流による制御をやめて通常の位置制御に移行する。

[0111] コントローラは、オブザーバと状態フィード

バックループで構成される。このコントローラの特徴

は、2 次のオブザーバであり、計算遅れを考慮したもの

で、カットオフ周波数は 2 kHz となっている。また電

流値はオブザーバからの状態フィードバックと位置誤差

の加算の積分値、即ち PID 制御と等価の制御である。

また次の目標性能はサーボ帯域が 450 Hz 、位相余裕

が 35° となっている。このコントローラのオブザーバ

は次式で定義される。

[0112]

[数 3]

$$(1)$$

$$(2)$$

$$(3)$$

$$(4)$$

$$(5)$$

$$(6)$$

$$(7)$$

$$(8)$$

$$(9)$$

$$(10)$$

$$(11)$$

$$(12)$$

$$(13)$$

$$(14)$$

$$(15)$$

$$(16)$$

$$(17)$$

$$(18)$$

$$(19)$$

$$(20)$$

$$(21)$$

$$(22)$$

$$(23)$$

$$(24)$$

$$(25)$$

(A) (B) に示した本発明の短距離シーク制御と同じ

であるが、F F 電流、目標位置軌道及びその修正につい

て、ステップ S 7 ~ S 11 で前記 (1) ~ (6) 式に従

ったオブザーバの構造で提供される計算処理を行って

いる点が相違するだけである。

[0119] 本発明のシーク制御において、ループゲイ

ンをキャリブレーションで決定して補正した後、前記

(7) 式に従って電流を出力するためのゲインを例え

ば、 $-20\% \sim +20\%$ の範囲で 5% 間隔に変化させてル

ープゲインがずれた時の影響を実験した場合、図 23

(A) ~ (C)、図 24 (D) ~ (F)、図 25 (G)

~ (I) の結果が得られた。ここで $400 \text{ A} \sim 400 \text{ I}$ は

VCM の駆動電流、 $402 \text{ A} \sim 402 \text{ I}$ はヘッド位置、

$404 \text{ A} \sim 404 \text{ I}$ は ± 0.1 トラック以内となる設定

条件である。

[0120] この実験結果から図 24 (D) ~ (F) の

ように、 $\pm 5\%$ 程度の誤差であればオブザーバシーク

及びアンダーシークはほぼ位置制御時の回転同期ラン

の値を例えれば大きくするとオブザーバシーク 156 が

出るようになり、目標位置軌道 152 の値を小さくすると

アンダーシーク 158 を生ずるようになる。このよう

にシーク制御の途中における目標位置軌道の値を調整

することを利用すれば、シーク後のオブザーバシークと

アンダーシークを自由に調整することが可能である。

[0124] 実験によれば、シーク方向がフォワード

リバースかによって、目標位置に到達した直後のオーバ

シークとアンダーシークが異なることが確認され

ている。図 29 (A) (B) はその実験結果である。図

29 (A) は調整前であり、フォワード駆動電流 412

A によりヘッド位置 414 A の制御が行われ、リバース

駆動電流 416 A によりヘッド位置 418 A の制御が行

われ、若干のアンダーシークが見られる。

[0125] 図 29 (B) は目標位置軌道の調整後であ

り、フォワード駆動電流 412 B によりヘッド位置 41

4 B の制御が行われ、リバース駆動電流 416 B により

ヘッド位置 418 B の制御が行われ、アンダーシーク

が低減している。このようにシーク方向の相違によるオ

ーバシークとアンダーシークを回避するため、フ

ォワードにおける目標位置とリバースにおける目標位置

を異なった値にすることが必要になる。

[0126] 更に実験で、フォワード及びリバースの両

方向でオブザーバシークとアンダーシークが出ないよ

うに調整した後に、同じ定数を 사용하여シーク距離を

1.5 トラック、2.0 トラック、3.0 トラック、

4.0 トラックと変えてシーク制御を行ったところ、シ

ーク距離が 4.0 トラックで再びオブザーバシークが現

生ずる現象が見られた。

[0127] この 4.0 トラックでのオブザーバシーク

の発生は、VCM ドライバ 36 の出力電圧が飽和するた

め F F 電流の加速電流波形と減速電流波形に歪みが生じ

て電流波形が相似形にならないことに起因していること

が分かった。そこで本発明の短距離シーク制御を正しく

動作させるためには、F F 電流波形の加速電流波形と減

速電流波形が相似形となる範囲でシーク距離を定める必

要がある。このように F F 電流波形が歪みを生じて相似

形が崩れるような場合には、波形周期を長くする必要が

ある。

[0128] このようなループゲイン調整、オブザーバ

シークとアンダーシークの調整、シーク方向による

シーク距離による差を考慮して、最終的な目標

位置の設定値を得ると、図 30 の結果が得られている。

図 30 は、シーク制御を 3 サンプル周期で行い、且つ F

F 電流に三角波を使用した場合であり、シーク距離は

2.0 トラック未満についてフォワード方向とリバース

方向を分けており、2.0 トラック以上についてはシ

ーク方向の区別はない。また各サンプルタイミングで目標

位置を求めるための修正係数は、例えば 2.0 トラック

未満でシーク方向がフォワードの場合は、 -1.0 、 $-$

0.5、アンダーシークの場合は、 1.0 、 0.5 とする。

図 31 は、図 30 の結果から、目標位置軌道 152

と目標位置軌道 152 の差が小さくなるように調整した

結果を示す。図 32 は、図 31 の結果から、目標位置軌道

[0113] (1) 式は、各サンプル周期における軌道

修正のための前処理及び電流を計算するためのエラー修

正式であり、 $y[k]$ を現在位置から目標位置を差し引

いた偏差として目標位置をオブザーバに反映させる。

(2) (3) (4) 式は、オブザーバからの状態フィ

ードバックに位置誤差の積分値を加算するための PID と

等価の処理である。更に (5) 式は、VCM に電流を出

力した後に次のサンプルタイミングでの位置を推定する *

$$V_{cmCur}[k] = B1Gain(Track) \times (u[k] + CurDash[k]) + Bias(Track)$$

$$V_{cmCur}[k+0.5] = B1Gain(Track) \times (u[k] + CurDash[k+0.5]) + Bias(Track)$$

[0116] 一方、シミュレーションによってループゲイ

の値がずれたときの影響を調べる際には、F F 電流出力

時のゲインを強制的に変えることで可能であり、この *

$$V_{cmCur}[k] = B1Gain(Track) \times u[k] + Bias(Track)$$

[0118] ここで右辺の「GainOffs」が変更分

のゲインを表わしている。図 22 は、オブザーバによる

50 ヤードである。このオブザーバ制御は、基本的に図 14

1. 0、及 $\bar{v}-0.550$ とする。

【0129】この図30の各サンプルタイミングでの修正係数を用いた目標位置の算出は、図14のフローチャートにおけるステップS7の位置調整を求めるための目標位置軌道の計算に使用される。即ち、目標位置軌道

目標位置軌道=シーク距離×修正係数

と与えられる。例えば図30において、シーク距離が

1. 0トラックでシーク方向がフォワードの場合、第1サンプル目は目標位置は0、第2サンプル目も目標位置は0、第3サンプル目は目標位置は0.45となる。第4サンプル目は通常の位置制御に入るので、目標位置は1.0となる。

【0130】このように本発明においては、目標位置軌道をを用いた位置フィードバック制御にF F電流を加えた軌道を用いて位置フィードバック制御を行うこととすると、更にシーク距離及びシーク時間に関する修正を行うことで、予め方向を考慮した目標位置軌道の修正を行うことで、F F電流整合に一定したサンプリング数での追従バック制御が実現できている。次に本発明のシーク制御において、F F電流整合に合わせて行う位置フィードバック制御の有効性を検証する。図57に示したように、トラック間隔は±20%程度の変動を持っている。このようにトラック間隔が変動を持っている本発明にあっては位置制御部64による位置フィードバック制御をF F電流による閉ループ制御に加えて行うことで、低磁極帯域の変動となる回転方向ラップラウンド及び回転非同期ラップラウンドの影響を抑除できることが確認されている。

【0131】図31は、本発明のシーク制御を用いて1トラックシークを行った結果、コアス御終了時の到達位置の変動を測定した結果である。これを図57の従来例と比較すると、3分の1程度にトラック間隔の変動幅が抑えられ、従来、 $\pm 2.0\%$ 程度であったものが $\pm 6 \sim 7\%$ 程度の変動となっている。これは回転同期ランアウトRRO及び回転非同期ランアウトNRROの低周波成分に対し、VCMが位置フィードバック制御により追従することを意味する。

【0132】したがって、4サンプルという短い時間であっても、本発明のように位置フィードバックの閉ループ制御を行うことで、非同期ランダムアクセスの発生を小さくすることができ、本発明のシーケンス制御においては、4サンプルに亘る1ビットのシーケンス開始位置から目標位置までの制御におけるエラーは、シーケンス終了後にオーバーシュート及びアンダーシュートが生じ、即ちほとんど見られないことから、4サンプルの制御が終了した時点、即ちコアス時間直後で整定状態となることが、かなりの割合を占める。通常、コアス時間により目標位置に到達した後の整定判定は、例えば次の4つの条件を満足するまでか行っている。これを第1整定判定条件とする。

【0133】第1整定判定条件

①現在の位置誤差の絶対値が0.1トラック以下。
②現在位置と1サンプル前の位置との差の絶対値が0.09トラック以下。

③現在の位置誤差の2倍から1サンプル前の位置誤差を引いた値の絶対値が0.11トラック以下。

【0134】④前記3つの条件①～③を全て満足する状態が4サンプル連続

一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十、五十一、五十二、五十三、五十四、五十五、五十六、五十七、五十八、五十九、六十、六十一、六十二、六十三、六十四、六十五、六十六、六十七、六十八、六十九、七十、七十一、七十二、七十三、七十四、七十五、七十六、七十七、七十八、七十九、八十、八十一、八十二、八十三、八十四、八十五、八十六、八十七、八十八、八十九、九十、九十一、九十二、九十三、九十四、九十五、九十六、九十七、九十八、九十九、一百。

図 3-2 (A) のように、第 2 整定判定条件を満足する 1 回のテスト結果であり、シーケ時間はサンプル数 8 の部分に約 90% が集まっている。ところが本発明のシーケ制御にあっては、指定された 4 サンプルの制御が終了した後のオーバーシュートとアンダーシュートがほとんど見られないこととから、第 2 整定判定条件として単純に位置誤差の大きさを定めて判定する。即ち、第 2 整定判定条件を、シーケ終了時の位置誤差が ±0.1 ラック以内とし、この第 2 整定判定条件に達する 0.1 ラック以内より求めていると、図 3-2 (B) のような結果となる。即ち、図 3-2 (B) にあっては、サンプル数 4 付近に整定条件を満足してシーケ終了となる確率が約 90% と非常に高いことが分かる。

【0135】図33(A)は、第1整定判定条件についてのサンプル数で決まる時間に対するエラーレートの判定結果であり、また図33(B)は、第2整定判定条件によるサンプル数で決まる時間に対するエラーレートの判定結果であり、位置調整のみを条件とした第2整定判定条件による図33(B)の整定判定で十分なエラーレートが確保されていることが分かる。

【0136】このような指定サンプル数に従ったシフト制御の終了時点で、位置調整のための判定で十分な整定判定が得られることに基き、本発明においては、図13のフローチャートのステップS6～S8に示したように、に、リードシークについてはステップS7で第2整定判定条件である位置調整のための整定判定を行い、リードヘッド位置にヘッド位置が収まるといはいは、直ちにステップS8でリード許可を与えようとしている。

【0137】これに対しライトシークについては、シーケル後のオーバーシュートに起因した位罫ずれによってデータエラーを誘起する危険性があることから、図1に示すように、ライトシークの開始直後に、第1整定判定条件（ステップS10）において、前述した第1整定判定条件（ステップS11）よりも厳格な判定処理を行う。図34は、本発明によるシーケル制御と従来のシーケル制御において、ライトシークで使用する第1整定判定条件での距離が1トラックの時のシーク時間の測定結果の確率分布であり、図35に同じくエラーレートを示している。図34にあっては、従来のシーク時間が確率分布24.8に示すようにほぼガウス分布となっており、しかもサンプル数15という比較的良好なシーク時間を必要としている。

【0138】これに対し本発明においては、確率分布240に示すように、サンプル数8付近に約95%が分布

し、随分分布もサンプル数8に集中したピーク的な特質を分布を持っている。従って、第1整定条件によるライシシークにあっては、従来の15〜16サンプルに対し8サンプルと、ほぼ半分のシーク時間に短縮できることが確認されている。

(2) FF波形のキャリブレーション

本実験のシーク制御に使用するF電流は、シーク後の速度が0になるならば、計算式で求まる値にシーク距離及びループゲイン分の補正を施すだけでよい。しかしながら実際には、F電流が加速電流と減速電流で波形状に異なるとなる場合には、シーク後の速度は0にならない。

【0139】図36は、本発明で使用するFVF電流の補正の手順を示している。まず図36(A)のFVF電流162は、計算式から求められた波形であり、この波形に図36(B)のヘッド軌道164のようなヘッド軌道164を4倍して得られる。このヘッド軌道164は、ゲイン不足で目標位置となる1.0トラッキングに移動できず、元に戻る。図36(C)は、ゲイン不足で目標位置となる1.0トラッキングに移動できず、元に戻る。図36(D)は、ゲイン不足で目標位置となる1.0トラッキングに移動できず、元に戻る。

【0140】そこで図36(B)の電流波形166のように、電流の振幅を変化させ、図36(E)のように、ヘッド軌道168をフラットな部分168-1と目標位置1に補正する。更に図36(B)の波形では、図36(C)となる1.0トラベックに達していないことから、図36(C)の波形170のように、更に振幅を増加させ、図36(F)のヘッド軌道172のように、目標位置となる1.0トラベックに到達して整定するように電流波形を調整する。

【0141】図37は、コンローラにおける演算処理のタスクによる時間関係を考慮したFF電流波形の補正である。シーク命令を受信した直後のサンプリングタイムニングでは、シーク制御に必要な初期計算を多数実行しなければならなかったため、それ以後のサンプリングタイムニングに比べ、VCMに対し電流を出力するタイミングが遅れる。

【0142】 事前に時間遅れが予測できれば、最初のサンプルタイミングの電流値を時間遅れ分だけ補正する。図37 (A) は、最初のサンプルタイミングT1で図37 (B) のように、初期計算のために比較的時間のかかるタスク174-1を行い、時刻1で処理を終了して、図37 (C) に示すように、最初のVCM電流を流す。

【0143】この時の時刻1からの変換時間をT d 2とする。これに対し、本来はそれより短い変換時間T d 1とすることで、変換時間T d 2に達することを予定していたとする。そこで、変換時間T d 2に対する変換時間T d 2の意分、即ち178の部分に相当する面積を時刻12からの電流値に上乗せることで補正したF F電流を使用する。これによって、最初のサブサンプリングの初期計算に時刻1以降、最初のF電流の出力に遅れを生じ、その遅れによって影響を及ぼすことなく、正しいF F電流

をVCMに流すことが出来る。

【0144】またF F電流の調整としては、事前にシーク方向により異なる磁路が調整でき、その磁路力学的に補正をすることが望ましい。更に、F F電流における加速電流と減速電流の波形が異なる場合には、加速電流及び減速電流を使って異なるハープ周回によるシークを行った後の速度を測定し、加速側または減速側のどちらかを増減することによって、事前にシーク方向により異なる磁路が調整でき、その磁路力学的に補正をすることが望ましい。更に、F F電流における加速電流と減速電流の波形が異なる場合には、加速電流及び減速電流を使って異なるハープ周回によるシークを行った後の速度を測定し、加速側または減速側のどちらかを増減することによって、事前にシーク方向により異なる磁路が調整でき、その磁路力学的に補正をすることが望ましい。

【0145】図38は、本発明のシーク制御についてマ
ルチレベル制御を行った場合のタイムチャートである。
即ち、図5のシーク制御にあつては、FF電流のみを1
/2サンプル周期ごとに変化するが、図38のマ
ルチレベル制御については、これに加えて目標位置軌道
ととの修正についても、1/2サンプル周期ごとに行
うよりうにしたことを特徴とする。

【0146】即ち、時刻 t_1, t_4, t_7 のサンプルタイムミングごとのヘッド位置を抽出して目標位置とを差を計算し、そのときのFF電流と加算してVCMに電流を出力する。更に、マルチレート制御によりサンプルタイムミングごとの間のVCMの動作を補間して目標位置との差をとって電流を計算し、これにFF電流を加えて、図38(C)のように、例えば時刻 t_1 のサンプルタイムミングに同期した図38(B)のタスク182-1による時刻 t_2 の電流出力に3、サンプル周期T1の半分のT/2遅れた時刻 t_3 で、タスク184-1で求めた電流をずらしてVCMに供給する。

【0147】時刻14～16のサンプルタイミングの間についても、時刻15のタイミングで同様にしてマルチチャネル制御によるVCC電流の出力を行う。更に、時刻17～19の間の時刻18のタイミングについても同様にマルチチャネル制御によるVCC電流の出力を行う。更に、時刻20～22の間の時刻21のタイミングについても同様にマルチチャネル制御によるVCC電流の出力を行う。

【0148】このようなマルチレトリート制御との併用により、更に高精度のFF電流の出力に合わせた位置フィードバック制御が実現でき、シーク終了後のオーバershoot及びアンダーシュートの発生をより確実に抑えることができ、図39(A)～(E)は、本発明で使用するFF電流波形をサンプリング数について表わしている。即ち図39(A)はサンプリング周期の三角波FF電流1として図39(B)は2サンプリング周期の三角波FF電流188、図39(C)は3サンプリング周期の三角波FF電流190、図39(D)は4サンプリング周期の三角波FF電流192、更に図39(E)は5サンプリング周期の三角波FF電流194である。

【0149】図40 (A) ~ (E) は、図40 (A) のサンプリングクロックと共に、図40 (B) ~ (E) と同様、矩形波 F 電流について、2 サンプル周期、3 サンプル周期、4 サンプル周期、及び 5 サンプル周期の各 F 電流 196、198、200、202 を示している。

図41 (A) ~ (E) は、図41 (A) のサンプリングクロックに対し、図41 (B) ~ (E) に台形状の F 電流波形について、2 サンプル周期、3 サンプル周期、4 サンプル周期、5 サンプル周期のそれぞれの F 電流 204、206、208、210 を示している。

【0150】図42は、図42 (A) の 2 サンプル周期のサンプリングクロックに対し、図42 (B) (C) (D) のそれぞれに、途中に 0 区間 214 をもった三角形 F 電流 212、矩形 F 電流 216 及び台形 F 電流 218 を示している。図43 (A) は、途中に 0 区間を設けない場合の矩形 F 電流 220 であり、前半の加速電流と後半の加速電流の面積が同じにならない。これに対し、図43 (B) のように途中に 0 区間 228 を設けた場合には、破線の理想的な矩形電流波形に対し実際の実際の電流波形 226 の相違が前半の加速電流と後半の減速電流と同じになり、加速電流と減速電流の相似性を確保することができ、

【0151】したがって、F 電流の波形歪みによって前半の加速電流と後半の減速電流が相似にならない場合には、図42 (B) ~ (D) に示すような途中に 0 区間をもった三角形、矩形または台形の F 電流を使用することが望ましい。図44は、本発明のシーケンス制御による 1 サンプル周期において、F 電流を 1 サンプル周期に 1 回変化する場合は F 電流波形を示す。図44 (A) のサンプリング周期のサンプリングクロックに対し、例えば 5 ~ 10 サンプルタイミング (4 ~ 9 サンプル周期) を使用する。図44 (A) (B) は、5 サンプルタイミング (4 サンプル周期) の場合であり、矩形 F 電流 420、等区間をもつ台形 F 電流 422 を使用する。三角形 F 電流 424 の場合は、図44 (D) のように、7 サンプルタイミング (6 サンプル周期) となる。これに等区間を設けた三角形 F 電流 426 は、図44 (E) のように、8 サンプルタイミング (7 サンプル周期) となる。

【0152】以上のような製造段階でのキャリブレーションの最終目標は、シーケンス時間を最短とするように調整することである。シーケンス時間は図33 (A) のライントーク、図33 (B) のリードシークに示したように、エラーレートと測定することで正確に比較することができ、目標位置軌道の修正について、行った修正が最適か否かを判断するためにエラーレートと測定し、エラーレートが一定の値でのシーケンス時間を求めると比較することで、最適な目標位置軌道の修正値を定めることができる。

(3) 運用段階のキャリブレーション

図45は、図15のステップ S4 ~ S7 の運用段階の処理における自動キャリブレーションの詳細を示したフローチャートである。

【0153】図45において、自動キャリブレーションは、まずステップ S1 で、本発明のシーケンス制御の有無をチェックして、シーケンス制御が行われるとステップ S2 に進み、シーケンス時間の計測処理を行う。シーケンス結果の記録はシーケンス距離ごとに分けて行う。図46は、例えば 1.0 トラックのシーケンス距離を例にとっている。図46の計測結果の記録を行う計測用バッファの例を示している。

【0154】この実施例においては、例えば経過時間 5 分ごとのシーケンス時間を記録する 4 つのバッファ 284 ~ 288 があり、各バッファはサンプリング数 4、5、6、7、8、... で決まる各シーケンス時間の回数を記録する領域を備えている。例えば、バッファ 284 ~ 288 は 5 分前のシーケンス時間を記録し、バッファ 284 ~ 288 は 5 分前のシーケンス時間を記録しており、バッファ 284 ~ 288 は 10 分前のシーケンス時間を記録しており、更にバッファ 284 ~ 288 は 15 分前のシーケンス時間を記録している。

【0155】そして現在時刻でのバッファ 284 ~ 288 の記録時間が 5 分を経過すると、最も古い 15 分前のバッファ 284 ~ 288 の内容を消去し、シーケンス時間の回数を記録する処理を繰り返す。これによって現在時刻から 15 分間になるシーケンス時間の各回数の記録状態が常に保持される。再び図45を参照すると、ステップ S2 でシーケンス時間の計測ができたならばステップ S3 に進み、シーケンス時間の計測結果から同一シーケンス距離におけるシーケンス時間の確率分布を生成する。具体的には、図32 (A) (B) に示したように、シーケンス時間はライントークとリードシークに分けて計測結果を記録しており、それぞれ別のシーケンス時間の回数の確率分布を図32 (A) (B) のように生成する。

【0156】次にステップ S4 に進み、指定した確率のシーケンス時間が予め定められた基準時間をオーバーしたか否かチェックする。例えば図32 (B) のリードシークを例にとると、指定確率として例えば 80% を指定し、この指定確率の基準時間を例えば 4 サンプルとする。このため、ステップ S3 で求めた実際のリードシークの確率分布について、指定確率 80% を超える確率分布の時間が基準時間である 4 サンプルを超えて増加するか否かをキャリブレーション判定基準とすることになる。

【0157】ステップ S4 で指定確率のシーケンス時間が基準時間をオーバーした場合に、キャリブレーションの必要があるものと判断し、ステップ S5 で位置制御のループゲインを測定する。このループゲインの測定は、全トラックでキャリブレーション対象となったシーケンス距離のシーケンス制御を行って、そのときのループゲインを測定して平均値を求める。次にステップ S6 で、実測された

ループゲインが製造段階で設定された正しいループゲインの値に一致しているか否かと比較し、不一致の場合にはループゲインがずれていることから、正しい値にループゲインを修正する。

【0158】ループゲインの補正処理が済んだらステップ S7 に進み、F 電流の調整を行う。図47は、図45のステップ S7 で行う F 電流の調整処理のフローチャートである。この F 電流の調整を可能とするため、本発明のディスプレイ装置においては、ROM に予め図39 (B) ~ (E)、図40 (B) ~ (E)、及び図41 (B) ~ (E) のそれぞれに示した三角波、矩形波、及び台形状の F 電流をサンプリング数 3、4、5、6 ごとに予め記憶しているものとする。

【0159】図47の F 電流の調整にあたっては、まずステップ S1 で三角波、矩形波、台形状の 3 種類の内の特定の電流波形を選択し、ステップ S2 で、選択した F 電流とこれに対応する目標位置軌道に基づいて、例えば 1.0 トラックのシーケンス制御を行い、ステップ S3 でシーケンス時間を計測する。この場合のシーケンス制御とシーケンス時間の計測は、図48のフローチャートのように、全トラックの全セクタについてシーケンス時間を測定し、その平均値を算出する。

【0160】即ち、図48のシーケンス時間計測処理にあたっては、まずステップ S1 で所定のシーケンス開始トラックにシークした後に、ステップ S2 で、そのトラックの開始セクタが否かとチェックし、予め指定した開始セクタに達すると、ステップ S3 で、予め指定したトラック数分のシーク例えば 1.0 トラックシークを行い、ステップ S4 で、そのシーケンス時間を測定する。

【0161】1 セクタ分のシークが済むと、再びステップ S5 で元の開始トラックに戻し、ステップ S6 で全セクタのシーケンス時間の計測を終了するまで、ステップ S7 で開始セクタを 1 つアップしながら、ステップ S2 ~ S5 の処理を繰り返す。ステップ S6 で全セクタのシーケンス時間の計測が終了すると、ステップ S8 に進み、全トラックの計測を終了したか否かとチェックし、終了していない場合には、ステップ S9 でシーク開始トラックを 1 つアップし、ステップ S2 からの処理を繰り返す。

【0162】全トラックの計測が終了するとステップ S10 に進み、測定されたシーケンス時間から平均シーケンス時間を算出する。なお全てのトラックの全セクタについてシーケンス時間の計測を行うことは処理に時間がかかることから、例えば特定のトラックを指定して全セクタのシーケンス時間を計測して、その平均シーケンス時間を算出するようにしてもよい。

*
1 ≧ (基準範囲内でのシーケンス時間の回数) / 2 > 0.5
1 ≧ (基準範囲外でのシーケンス時間の回数) / 2 > 0.5
となる n、m を求め、ある定数 M0 を定め、
n ≧ m + M0
となる条件を比較判定してもよい。

* 【0163】再び図47を参照すると、ステップ S3 でシーケンス時間の計測が終了したならば、ステップ S4 に進み、全ての波形についてのシーケンス時間計測処理が済んだか否かとチェックし、済んでいなければステップ S5 で次の F 電流波形を選択して、ステップ S2 からの処理を繰り返す。ステップ S4 で全波形のシーケンス時間の計測が終了したならば、ステップ S6 で、最小となるシーケンス時間の F 電流波形を選択する。

【0164】続いてステップ S7 で、選択した F 電流の最小時間が所定の基準時間以下か否かとチェックする。基準時間以下であればステップ S8 に進み、最小時間となる選択された F 電流の波形を最適波形として登録する。一方、ステップ S7 で基準時間を超えていた場合には、F 電流の選択ではシーケンス時間に改善が見られないことから、ステップ S9 に進み、最小時間となった F 電流の周期を変化させ、ステップ S10 で、周期を変化させた F 電流と目標位置軌道を使用したシーケンス制御を行い、ステップ S11 でシーケンス時間を計測する。

【0165】この場合のシーケンス制御によるシーケンス時間の計測は、図48のフローチャートに従って全トラックの全セクタについて行っている。図48のフローチャートの平均値を使用する。ステップ S11 でシーケンス時間の計測が済んだら、再びステップ S7 に戻り、波形周期を変えたことによるシーケンス時間が基準時間以下か否かとチェックする。

【0166】基準時間以下であればステップ S8 に進み、周期を変化させた波形を最適な F 電流波形として登録する。なおステップ S9 における波形周期の変化は、基準の共振周期を考慮し、共振周期にあまり近付けない範囲で変化させる必要がある。ここで図45の自動キャリブレーションにおいては、シーケンス時間を計測し、各セクタ距離におけるシーケンス時間の回数の確率分布からキャリブレーションの必要性を判断しているが、各セクタ距離のシーケンス時間の計測結果から図33 (A) (B) に示したようなライントーク及びリードシークのシーケンス時間に対するエラーレートのカーブを求め、エラーレートのカーブが予め定められた許容範囲を超えた場合にキャリブレーションを実行するようにしてもよい。

【0167】また別のキャリブレーションの判断として、各セクタ距離ごとの基準シーケンス時間を定め、この基準シーケンス時間をオーバーする割合を求め、オーバーする割合が所定値を超えたときにキャリブレーションを行うようにしてもよい。この場合、基準シーケンス時間をオーバーする割合を求める際に、全回数でオーバーした回数を単純に割算してもよい。更に、割算の代わりに

1 ≧ (基準範囲内でのシーケンス時間の回数) / 2 > 0.5
1 ≧ (基準範囲外でのシーケンス時間の回数) / 2 > 0.5
【0168】この条件を満足する場合には、エラーレートが 1 / 20 M0 以下であることが保証できる。このように基準値よりも大きいかわりかをキャリブレーションの

目標位置軌道の修正値を設定させてよい。

【0186】更に上記の実施例は、ディスク媒体の回転速度が5400rpm、1トラック当たりのサーボフレームを60フレームとしてサンプリング周期185.6μsとした場合を例にしているが、サンプリング周期はディスクの回転数と1トラック当たりのサーボフレームの数により適宜に決まる値であり、実施形態の数値による限定はされない。

【0187】

【発明の効果】以上説明してきたように本発明によれば、シーク命令による12トラック以下の短距離シークは、望ましくは1〜4トラック程度の短距離シークについて、機械共振、シーク距離の差、シーク方向の差、回転同期ランアウト及び回転同期ランアウト等の影響を受けることなく、高速なシーク制御が実現できる。特に1トラックや2トラックなどの短い距離のシーク制御においては、コアス時間を4サンプル(3サンプル周期)、整定を含めたシーク時間を10サンプル(9サンプル周期)程度に抑えることができ、セクタサーボによってヘッド位置信号が得られるサンプル周期が長くなったディスク装置であっても、高速なシーク制御を実現することができる。

【0188】更に、本発明の1、2トラック等の短い距離のシーク制御は、長い距離のシーク制御を行う速度制御に比べて通常速度制御の目標位置への引込み制御に組み合わせて行うことで、速度制御によるシーク制御の整定を高速に実現することができる。更に、装置の運用段階において、シーク時間が所定した性能を下回るような場合について、自動的にキャリブレーションを実行して最適シーク条件に回復させることができ、装置の安定的な性能保証が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図
【図2】本発明のディスク装置の構成図
【図3】ディスクのサーボフレームの説明図
【図4】サーボフレームと復調されるヘッド位置信号の説明図
【図5】本発明の短距離シーク制御の基本構成のブロック図
【図6】図5のFF電流、目標移動軌道及び軌道修正の設定処理の実施形態のブロック図
【図7】図6のフォワードテーパーの説明図
【図8】本発明によるシーク距離とサンプル数の対応の説明図
【図9】図6のシーク距離修正処理部のブロック図
【図10】回転同期ランアウトとシーク距離の関係の説明図
【図11】図6のヘッド切替修正部のブロック図
【図12】図5の短距離シーク制御のタイムチャート
【図13】図2のシーク制御の全体処理のフローチャート

目標位置軌道を予測して位置制御するマルチレート制御のタイムチャート

【図39】サンプル数に対する三角波FF電流波形の説明図
【図40】サンプル数に対する方形波FF電流波形の説明図
【図41】サンプル数に対する台形波FF電流波形の説明図

【図42】途中に零区間を設けたFF電流波形の説明図
【図43】零区間の有無によるFF矩形波電流と実電流の差と関係の説明図
【図44】1サンプル間に1回電流を変化させる場合のFF電流波形の説明図
【図45】装置の運用段階で行う自動キャリブレーションのフローチャート
【図46】図45のシーク時間の計測で使用する計測パツプの説明図
【図47】図45のFF波の調整処理のフローチャート

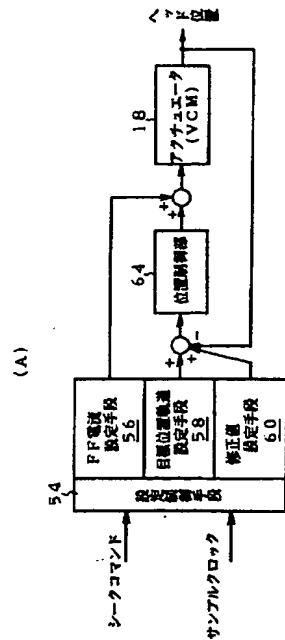
【図48】図47で行うシーク時間計測処理のフローチャート
【図49】通常の長距離シークの引込み制御に本発明を適用した実施形態のブロック図
【図50】図49のシーク制御のフローチャート
【図51】図49の切替制御部によるFF電流と目標位置軌道の算出処理の説明図
【図52】図49の切替制御部による引込み制御のフローチャート
【図53】衝撃センサを用いた本発明の実施形態のブロック図
【図54】衝撃センサを用いたシーク制御のフローチャート

【図55】シーク時間、コアス時間、整定時間の定義の説明図
【図56】従来装置の回転同期ランアウト及び回転同期ランアウトを計測した結果の説明図
【図57】従来装置のトラッキング間隔の算出結果を計測した結果の説明図
【符号の説明】
10: コントローラユニット
12: ディスクエンクロージャ
14: ディスク
16: スピンドルモータ
18: アクチュエータ
20: ボイスコイルモータ (VCM)
21, 22: ヘッド

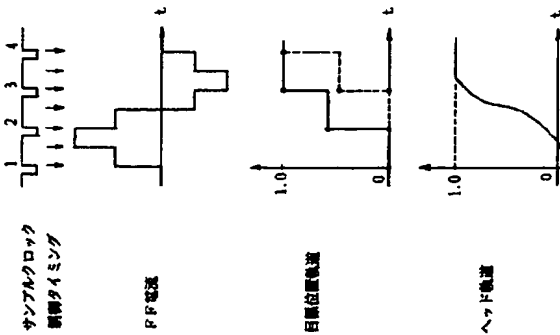
24: MPU
26: ROM
28: RAM
30: キャッシュRAM
32: インタフェースコントローラ
34: スピンドルモータドライバ
36: VCMドライバ
38: サーボコントラ (サーボ復調回路)
42: リード/ライトユニット (データ復調回路/データ変調回路)
44: バス
46: データ面
48i, 48i+1: トラック
50i, 50i+1: サーボフレーム
51: サーボマーク
52: トラックアドレス
53: サーボパターン
54: 整定制御部
56: FF電流設定部 (フィードフォワード電流設定部)
58: 目標位置起動設定部
60: 修正値設定部
62, 66, 282: 加算点
64: 位置制御部
74-1: フォワードテーパー
74-2: リバーステーパー
76: 修正演算部
80: テーブル修正部
90: シーク距離修正処理部
100: ヘッド切替修正処理部
132: 回転同期ランアウトテーパー
138, 142: 演算部
140: ヘッドホフセットテーパー
146: FF電流
148-1: 加速電流
148-2: 減速電流
150: 目標位置軌道
152: 目標位置軌道修正
154: ヘッド軌道
270: 衝撃センサ
272: 長距離シーク制御部
274: 速度検出部
275: 切替制御部
276: 第1演算部
278: 第2演算部
280: 加算部

【図1】

本発明の原理説明図

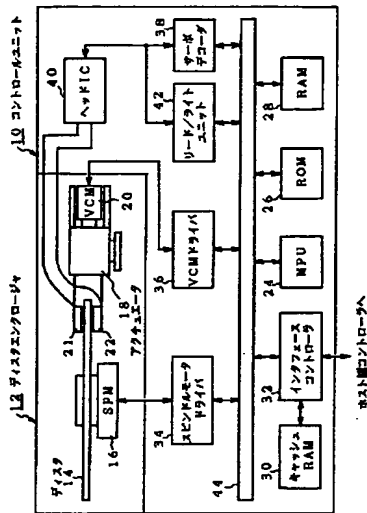


(B)



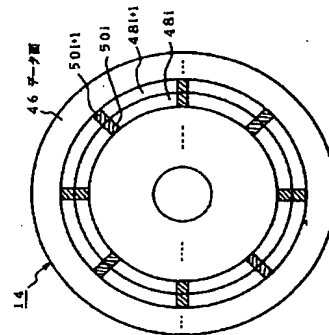
【图2】

本屋町のディスク装置の増設



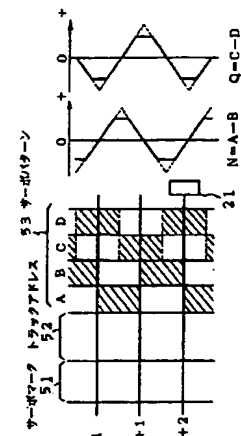
【例3】

ディスクのサーボフレームの制御



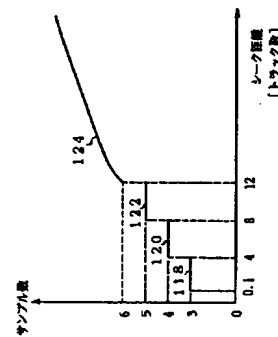
【图4】

「サードパーティへの位置づけと位置づけの変更」



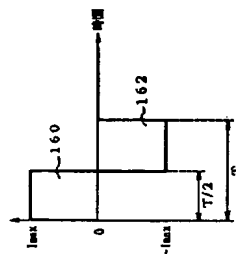
【图8】

本発明によるリンク距離とサンプル数の対応の説明図

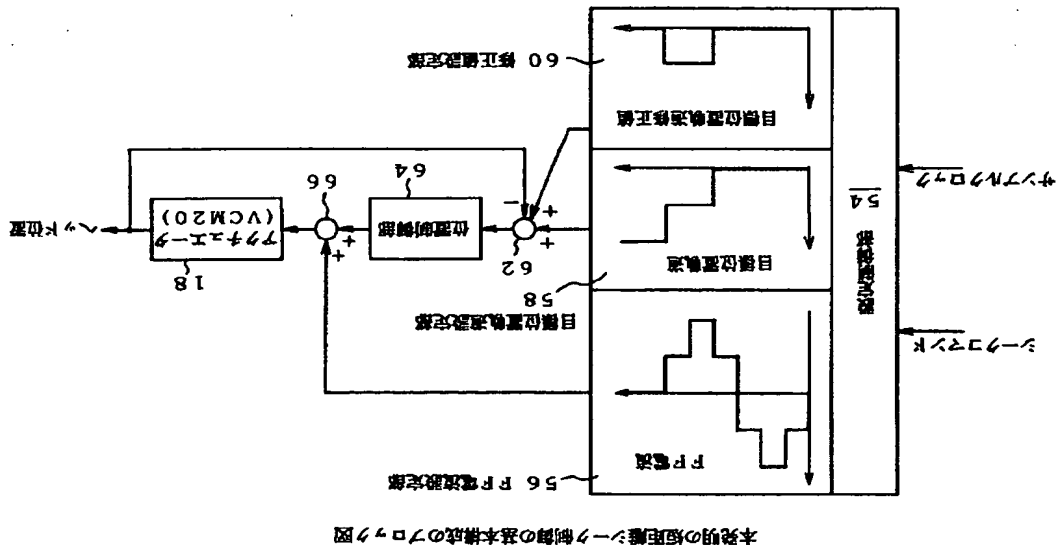


【图18】

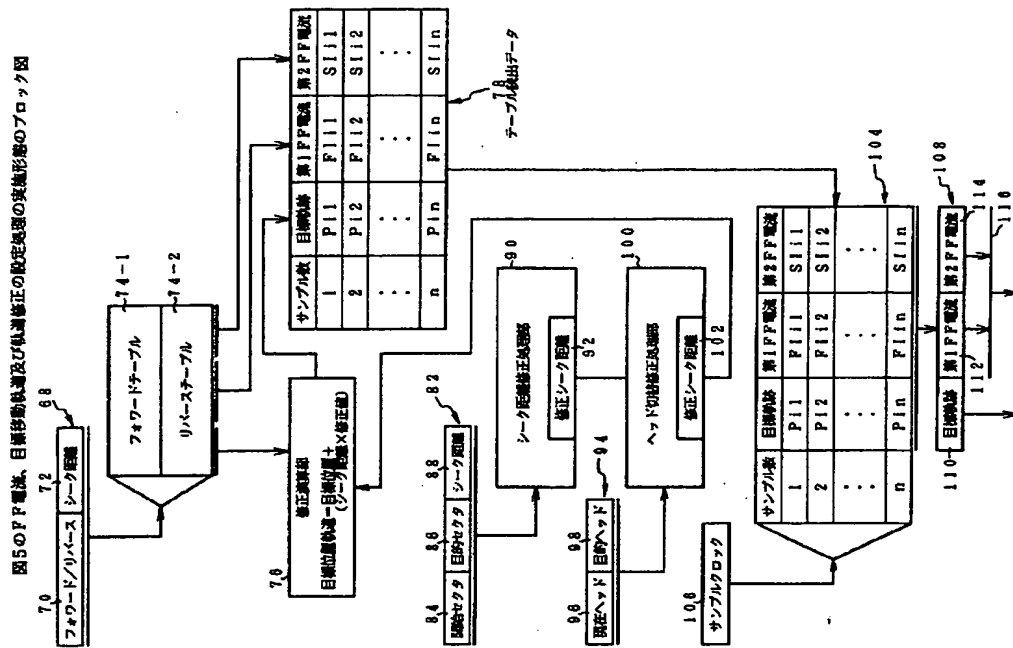
シミュレーションに使用する方形波PP電圧の図形図



【図5】



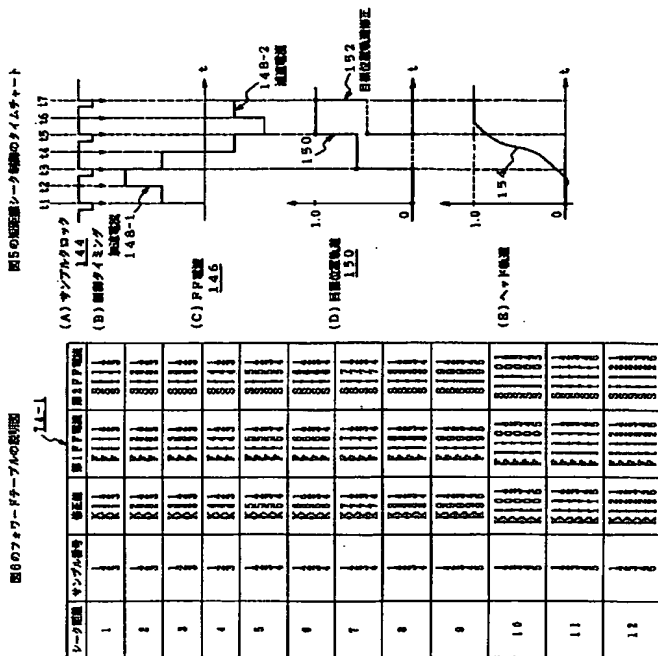
【図6】



【圖7】

【图12】

図8のフエワー・ドナー・プルの説明図



【图 111】

図6のヘッド切替修正部のブロック図

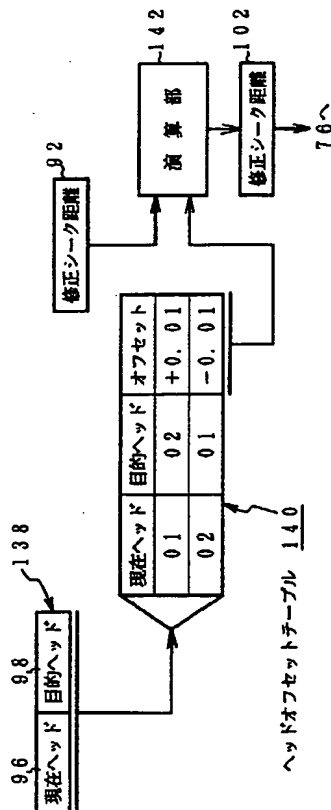
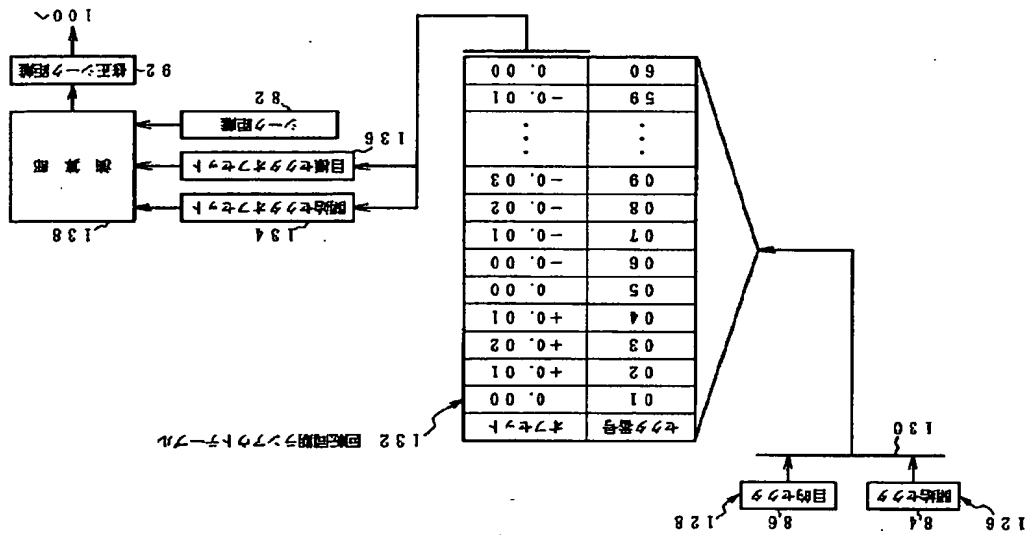
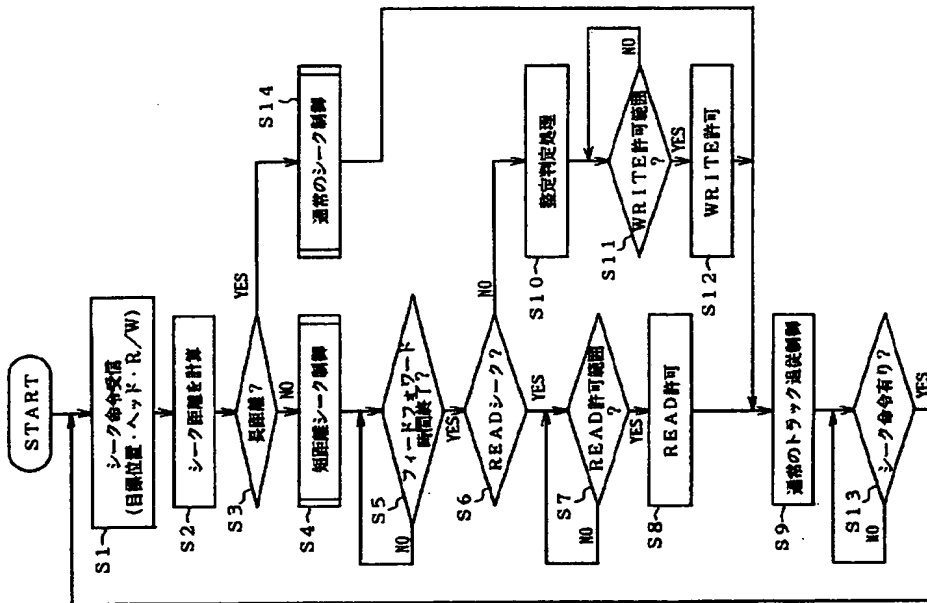


図 6-9-1 自由電位差の測定



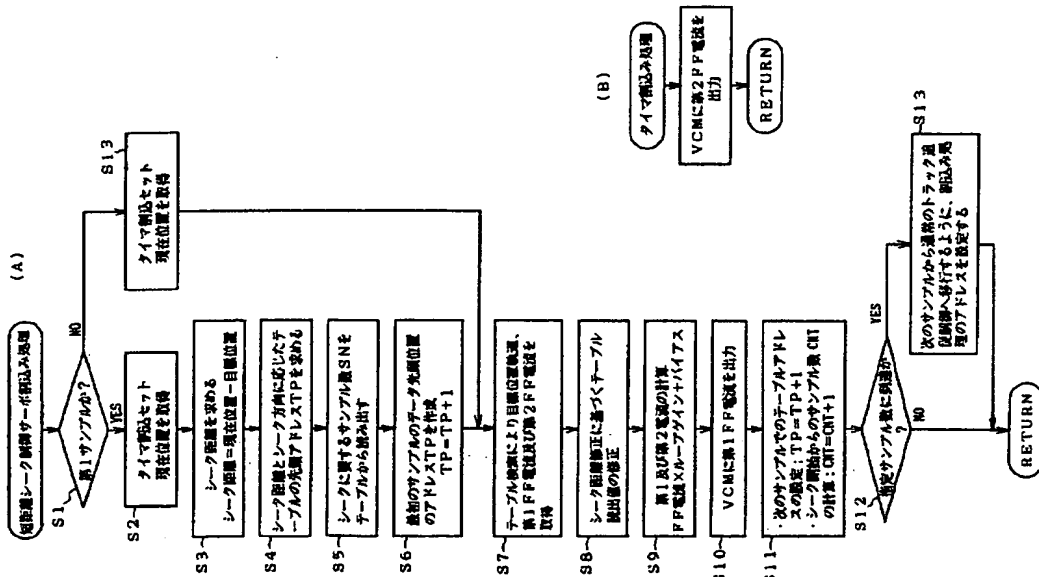
【図13】

図2のシーク制御の全体処理のフローチャート



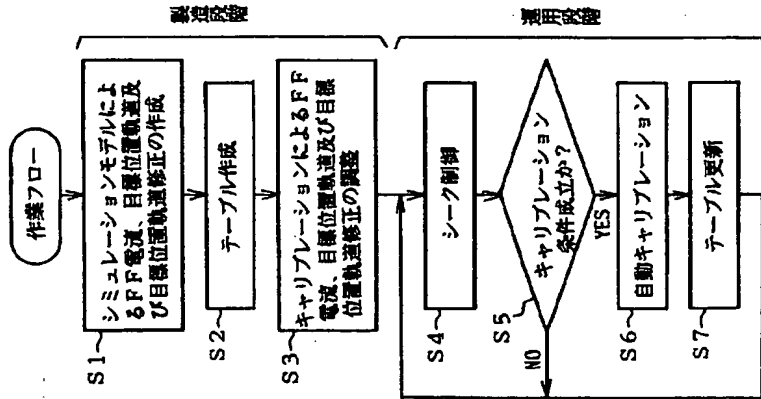
【図14】

図13の短距離シーク制御のフローチャート



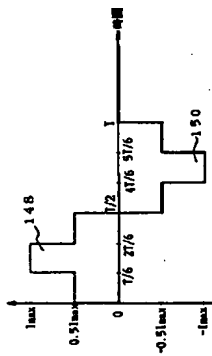
【図 15】

本発明のキャリブレーションの手順のフローチャート



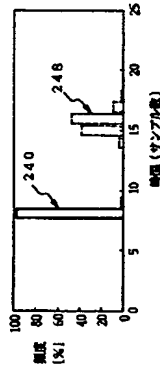
【図 20】

本発明のシーク制御に使用する三角波 F F 電流波形の説明図



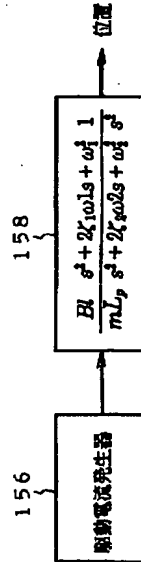
【図 34】

本発明と従来のシーク制御のシーク時間の確率分布の説明図



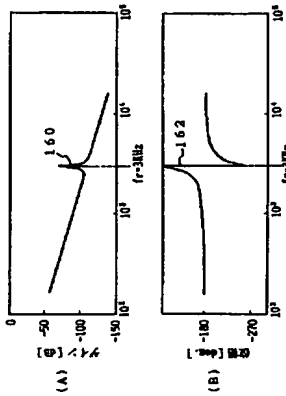
【図 16】

共振を調べるためのシミュレーションモデルの説明図



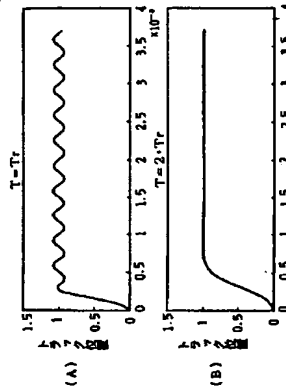
【図 17】

図 16 のシミュレーションモデルの周波数特性図



【図 19】

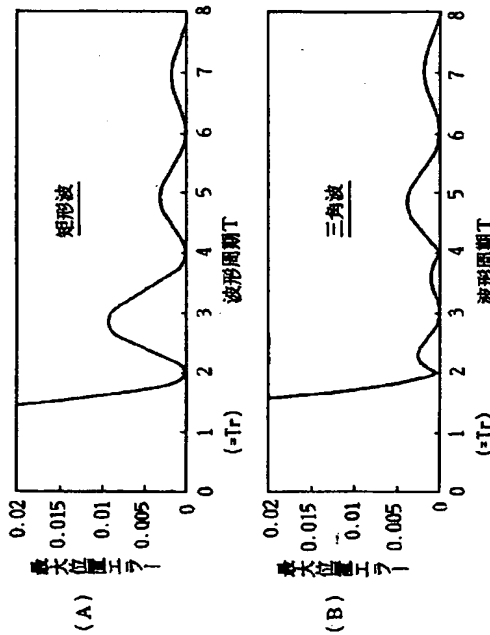
F F 電流波形の周波数によるシーク後の位置位置の説明図



【図 21】

F F 電流として方形波と三角波を与えた場合のシーク後の振動振幅と周期の関係

の説明図



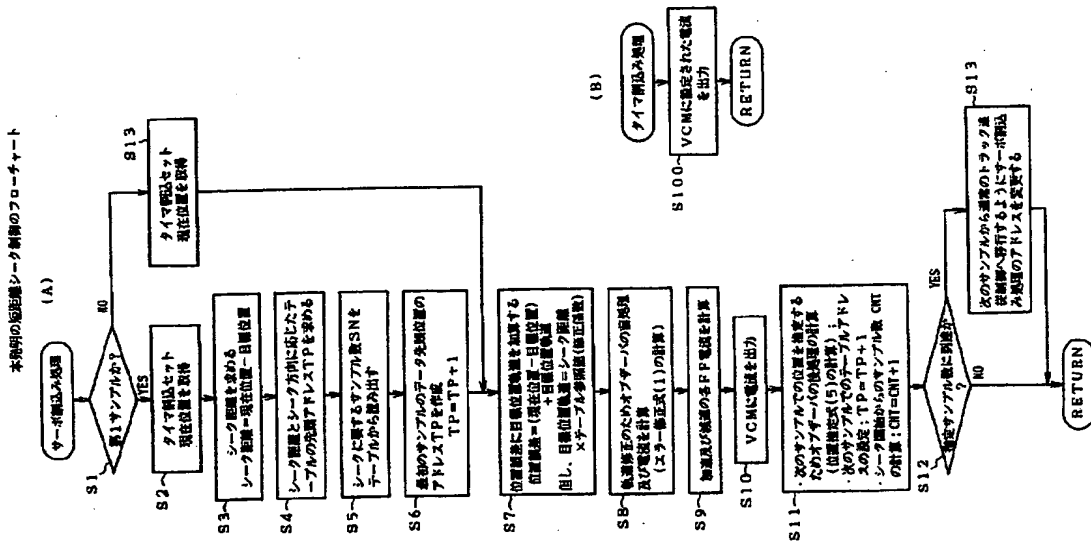
【図 30】

シミュレータで得られたシーク距離、シーク方向に応じた目標位置軌道の修正値

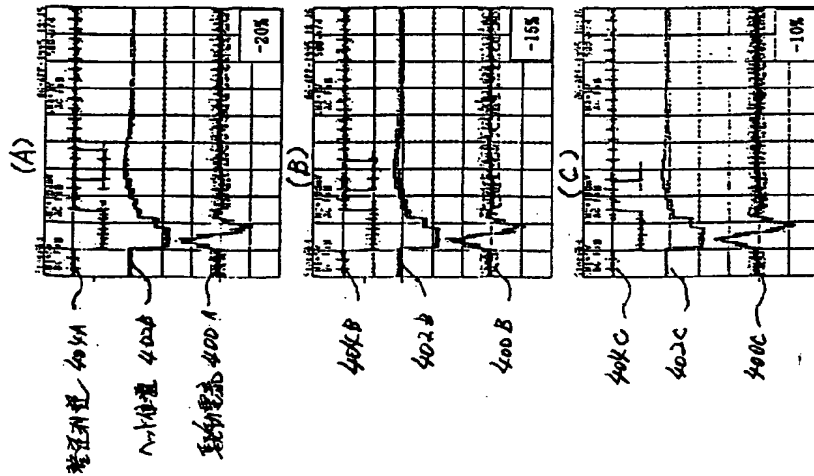
の説明図

シーク距離	シーク方向	第 1 サンプル修正値	第 2 サンプル修正値	第 3 サンプル修正値
2. 0.01mm	正方向	-1.0	-1.0	-0.550
2. 0.01mm	負方向	1.0	1.0	0.550
2. 0.01mm	正方向	-1.0	-1.0	-0.550
2. 0.01mm	負方向	1.0	1.0	0.550

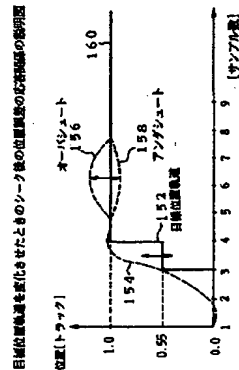
【図 22】



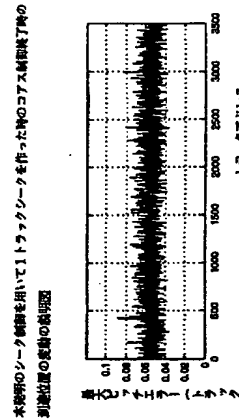
【図 23】



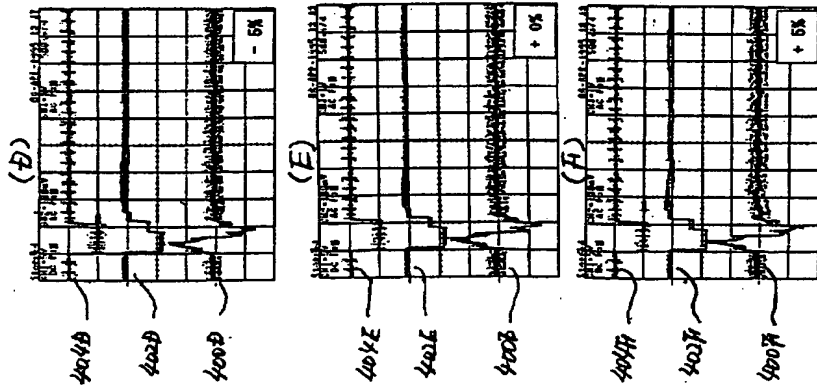
【図 28】



【図 31】

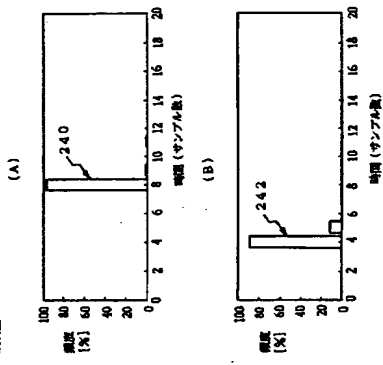


【図 24】



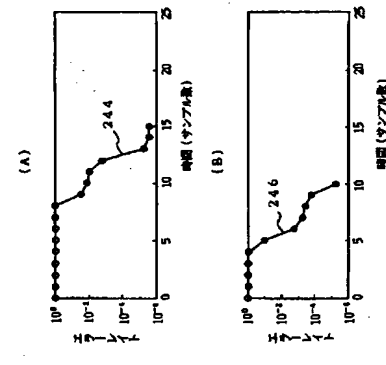
【図 32】

本発明のレーザ光線について2種の測定法と基準を用いたレーザ光線の測定方法の説明図



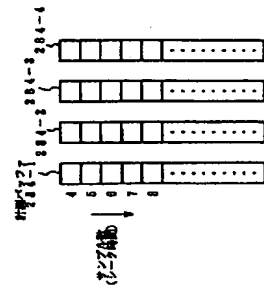
【図 33】

本発明のレーザ光線について2種の測定法と基準を用いたレーザ光線の測定方法の説明図

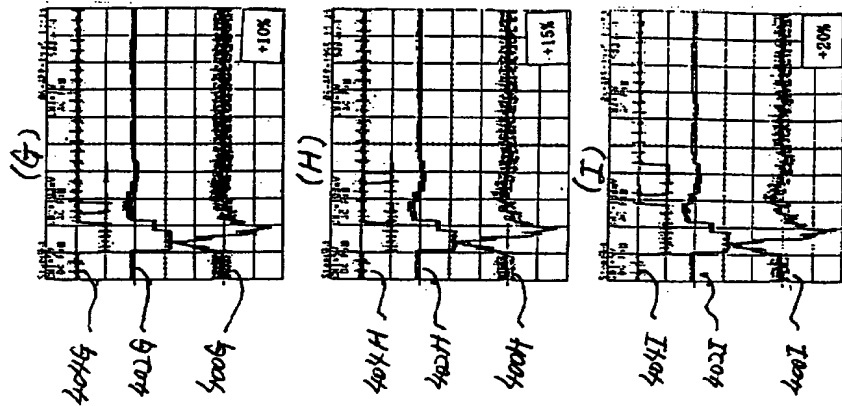


【図 46】

図 46 のレーザ光線の計測に使用する計測装置の構成図

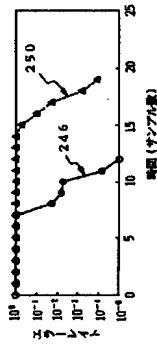


【図 25】



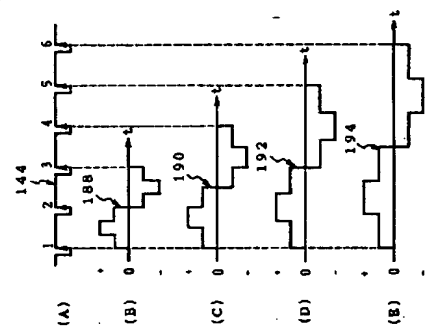
【図 35】

本発明と従来のレーザ光線のレーザ光線のエラーレートについての測定方法の比較図



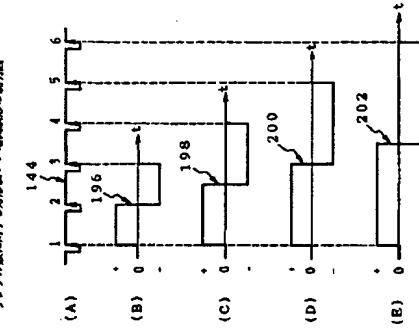
【図 39】

サンプリングに対する三角波 P 電圧波形の説明図

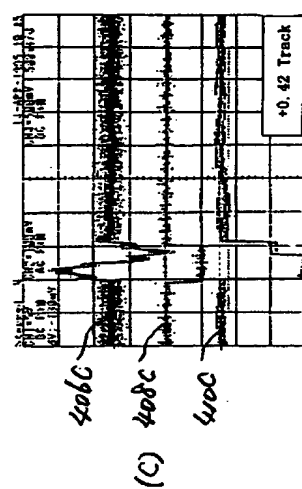
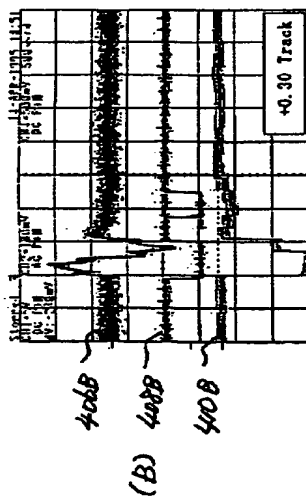
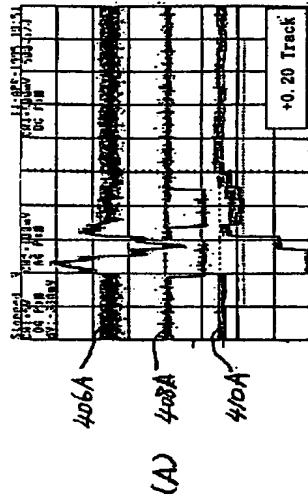


【図 40】

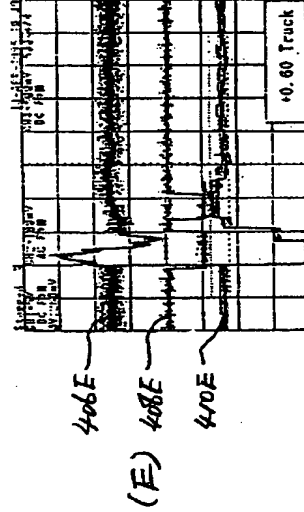
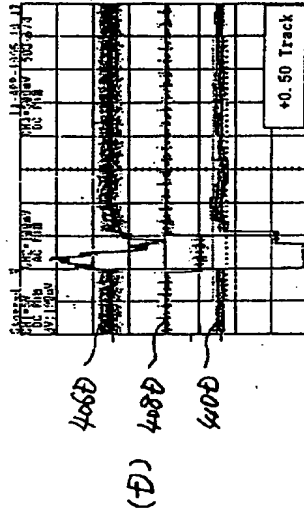
サンプリングに対する方形波 P 電圧波形の説明図



【図 26】



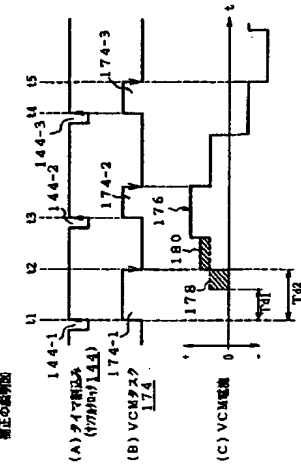
【図 27】



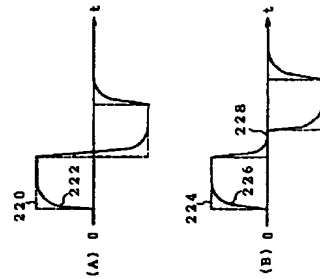
【図 37】

本図の第1サンプル目で検出電圧のタイミング遅れを修正するPP電圧波形の修正の図

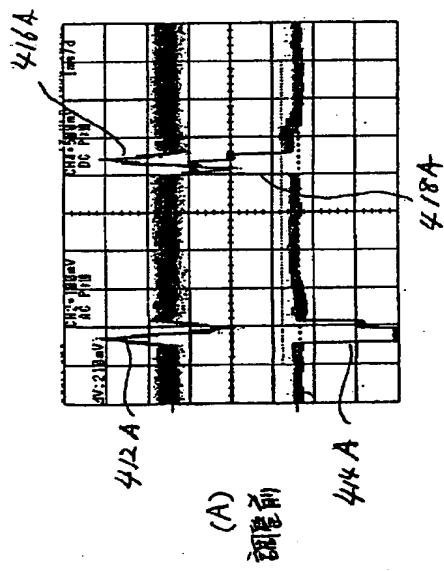
第4図の右側によるPP矩形電圧と検出電圧の遅れとの関係の図



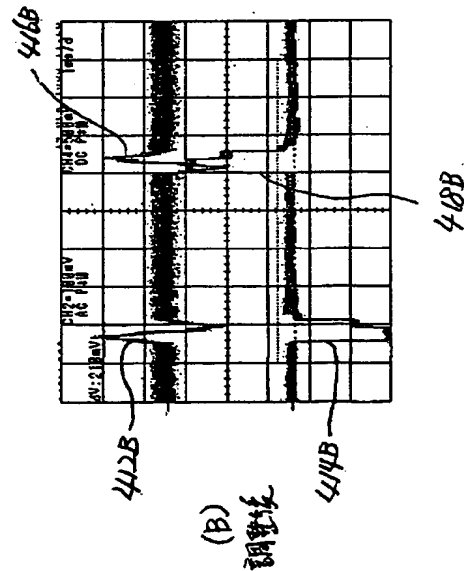
【図 43】



【図 29】

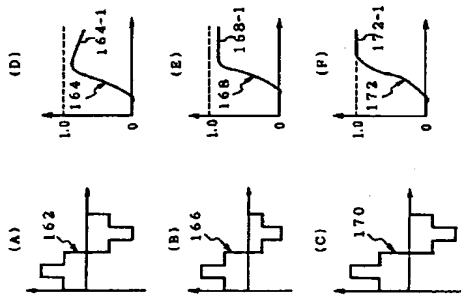


(B) 調整後



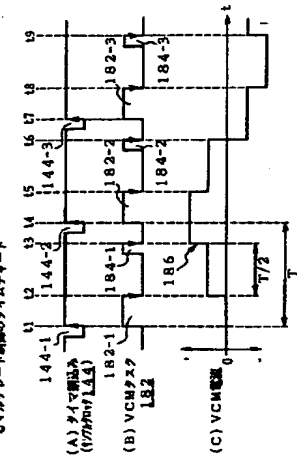
【図 36】

本発明で使用する F P 電流源部のキャリブレーションの手順の説明図



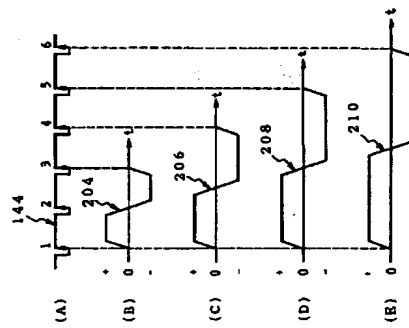
【図 38】

1/2 サンプルタイミングで F P 電流に加工目標位置軌道を予知して位置制御するマルチレート制御のタイムチャート



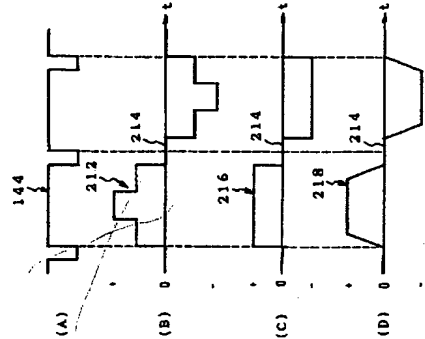
【図 41】

サンプル外側に於ける合流 F P 電流源部の説明図



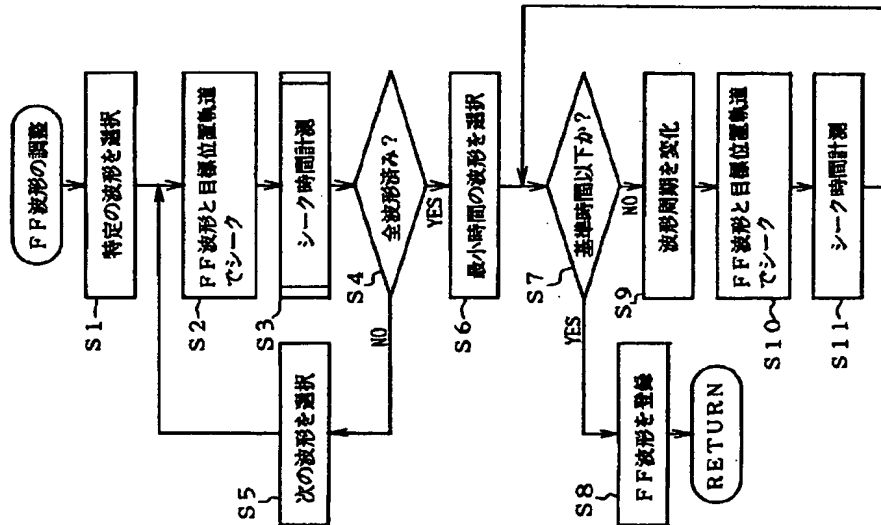
【図 42】

途中に加工位置を越えた F P 電流源部の説明図



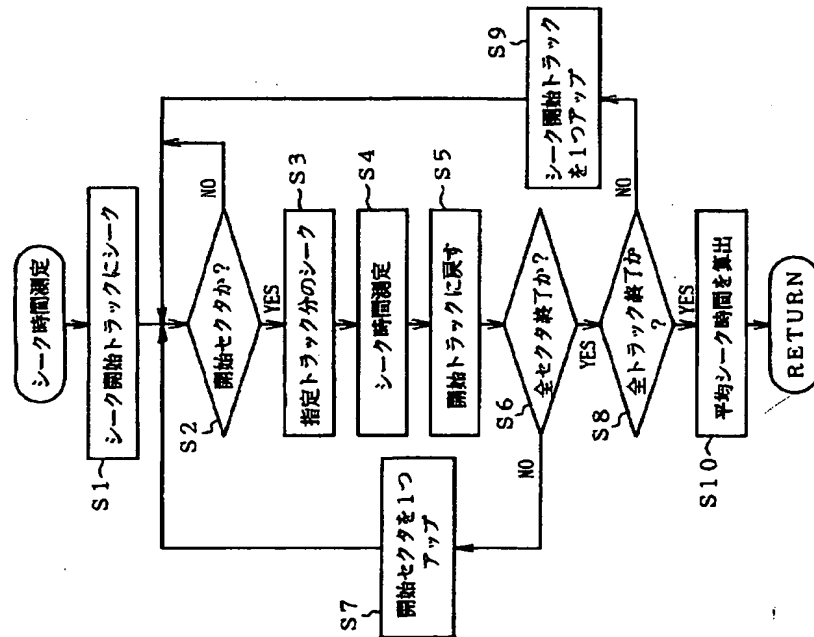
【図 47】

図 45 の FF 波形の調整処理のフローチャート

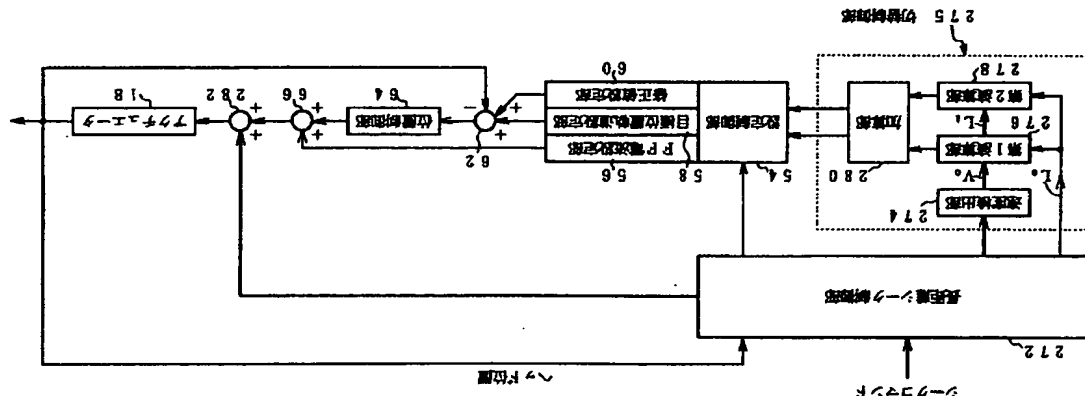


【図 48】

図 47 で行うシーク時間計測処理のフローチャート

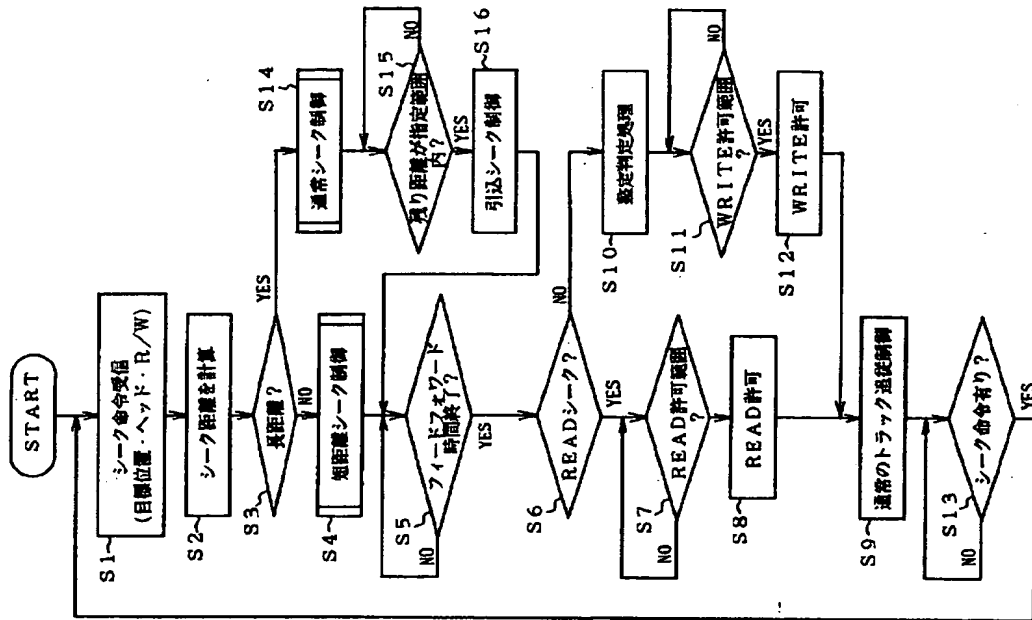


【図49】



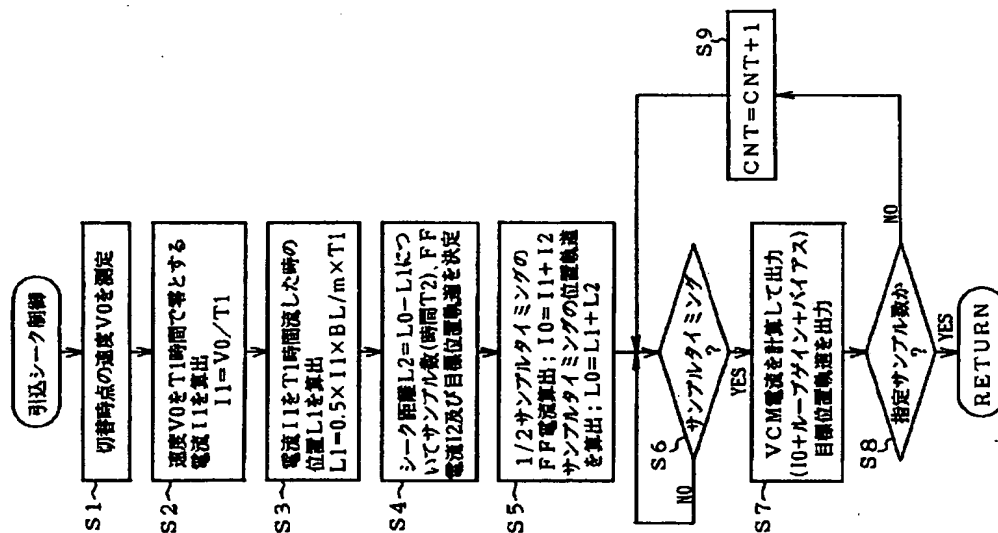
【図50】

図49のシーク制御のフローチャート



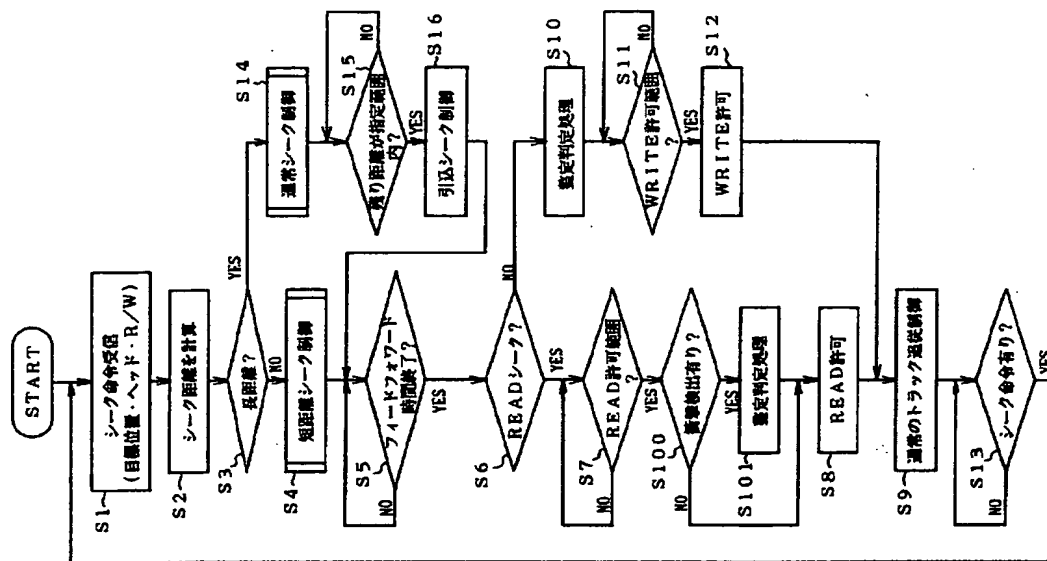
【52】

図49の切替制御部による引込み制御のフローチャート



【54】

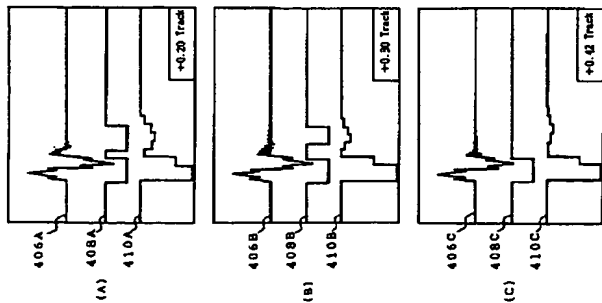
衝撃センサーを用いたシーク制御のフローチャート



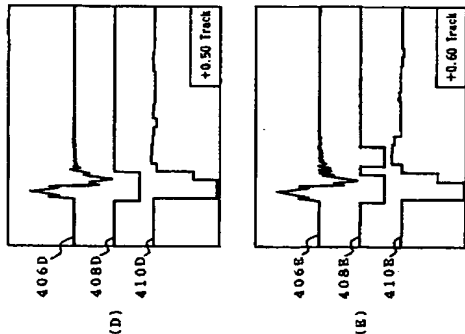
(53)

特開平 9-139032

目標位置を越えずしたときの位置軌道の図解例



目標位置を越えずしたときの位置軌道の図解例 (続き)

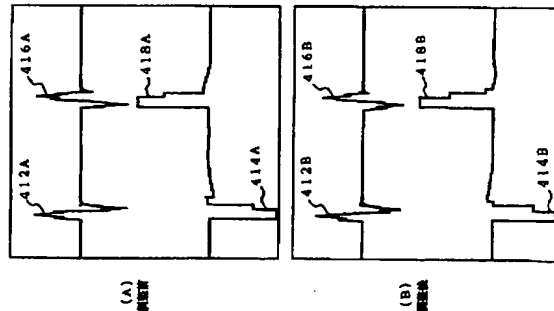


【手続補正 6】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 29
【補正方法】変更
【補正内容】

【手続補正 5】

【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 27
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 27】

フォワード方向とリバース方向でレーダ測距の位置軌道の図解例



(54)

特開平 9-139032

【手続補正書】

【提出日】平成 8 年 7 月 16 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0130

【補正方法】変更

【補正内容】

【0130】このように本発明にあっては、目標位置軌道を用いた位置フィードバック制御に F F 電流を加えた開ループ制御を行うにとどまらず、更にシーケンス距離及び方向を考慮した目標位置軌道の修正を行うことで、予め

定めたサンプル数での短いシーケンス制御が実現できている。次に本発明のシーケンス制御において、F F 電流制御に合わせて行う位置フィードバック制御の有効性を保証する。図 57 に示したように、トラッキング間隔は $\pm 20\%$ 程度の変動を持っている。このようにトラッキング間隔が変動を持っていても、本発明にあっては位置制御部 64 による位置フィードバック制御を F F 電流による開ループ制御に加えて行うことで、低周波帯域の変動となる回転同期ランリアウト PRO 及び回転非同期ランリアウト NPRO の影響を抑制できることが確認できている。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.